

Grön-blå gator

- En undersökande studie över möjligheterna att använda regnbäddar i gatumiljöer - med utgångspunkt i ett gestaltungsförslag för Vasagatan i Kristianstad

Wille Helmbold



Titel

Grön-blå gator - En undersökande studie över möjligheterna att använda regnbäddar i gatumiljöer - med utgångspunkt i ett gestaltungsförslag för Vasagatan i Kristianstad

Green-blue streets - An explorative study of the possibilities of using rain gardens in street environments – based on a design proposal of Vasagatan in Kristianstad

Författare: Wille Helmbold

Handledare: Anders Folkesson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

Bitr handledare: Kent Fridell, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

Examinator: Allan Gunnarsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

Bitr examiner Karin Svensson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A2E

Kurstitel: Master Project in Landscape Architecture

Kurskod: EX0775

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2016

Omslagsbild: *Stormwater planter* © City of Portland, courtesy Bureau of Environmental Services. Tillstånd har givits mig att använda bilden till detta arbete.

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Regnbäddar, Biofilter, Hållbar dagvattenhantering, Landskapsarkitektur, Rain gardens, Bio-retention, Sustainable stormwater management, Landscape architecture.

Förord

Jag har alltid varit väldigt fascinerad av rinnande vatten. När jag var liten lekte jag ofta med vatten, och jag tyckte om att bygga dammar i sandlådan och jag rensade i bäckarna för att skapa bättre flöden. Under mina studier i landskapsarkitektur har jag insett betydelsen av att få till en mer hållbar och grön dagvattenhantering, och framför allt vikten av att kunna förena landskapsarkitekturens ekologiska, rekreativa och estetiska värden med viktiga funktionella aspekter.

Tidigare studentarbeten inom landskapsarkitektprogrammet som behandlat hållbar dagvattenhantering har enligt min mening generellt endast gjort detta ur ett ganska allmänt och konceptuellt perspektiv. Enstaka exempel återfinns där studenter har tittat närmre på hur hållbar dagvattenhantering kan förenas med utformning av offentliga miljöer, men även där har fokus generellt legat på en ganska övergripande och konceptuell nivå i gestaltningen. Detta examensarbete är mig veterligen första gången som en landskapsarkitektstudent gör en mer ingående studie och gestaltning av regnbäddar, och hur de kan användas och utformas i ett gestaltungsförslag för en verklig och befintlig miljö.

Detta arbete har stundom varit mycket krävande, men också oerhört lärorikt och roligt. Förhoppningsvis kommer mitt examensarbete att kunna bidra med nya kunskaper och med inspiration till studerande och yrkesverksamma landskapsarkitekter och samhällsbyggare, och inte minst till Kristianstads kommun.

I arbetet med mitt examensarbete har jag kommit i kontakt med och fått rådgivning och inspiration av en rad olika yrkesverksamma personer, företag och organisationer med gedigen kunskap inom detta ämnesområde. Detta har varit till stor hjälp för mig i mitt arbete.

Jag vill därför rikta ett stort tack till följande personer:

- Siv Degerman, landskapsarkitekt och chef på enheten för Park och stadsmiljö, Kristianstads kommun
- Lennart Mårtensson, projektledare på VA-enheten, Kristianstads kommun
- Karin Sjölin, landskapsarkitekt på Gatukontoret, Malmö stad
- Magnus Svensson, landskapsarkitekt på Gatukontoret, Malmö stad
- Patrik Bellan, landskapsingenjör och konsult inom rådgivning och inventering av vedartad vegetation

Jag vill också framföra ett tack till:

- Tyresö kommun
- Tengbom
- Bureau of Environmental Services, City of Portland Oregon.
- CIRIA & Susdrain

Jag vill framför allt rikta ett särskilt stor tack till mina fantastiska handledare:

- Anders Folkesson, Sveriges lantbruksuniversitet
- Kent Fridell, Sveriges lantbruksuniversitet/Tengbom

Avslutningsvis vill jag även tacka min flickvän och min familj för all hjälp och allt stöd jag fått under hela min utbildningstid.

Tack!

Wille Helmbold

2016-05-13



Begreppslista

Dagvatten: *se sidan 6.*

Hållbar dagvattenhantering: *Se sidan 9.*

Regnbädd: *Se sidan 11.*

Spillvatten: Förorenat toalett-, disk- och tvättvatten m.m. från hushåll, industrier eller verksamheter. (Svenskt vatten, 2016, ss. 57-60).

VA: Den generella förkortningen för vatten och avlopp.

Recipient: Den uppsamlingsplats där dagvattnet slutligen avsätts, exempelvis grundvatten, sjöar, floder och hav. (Vinnova, 2014a, s. 65).

Avrinningsområde: Det sammanlagda område som avvattnas till en viss källa. (Svenskt vatten, 2016, ss. 57-60).

Avrinningskoefficient: En beräkning av den faktiska andel av nederbörden för ett avrinningsområde som blir till ytavrinning (dagvatten). Detta påverkas av exempelvis exploateringsgrad, lutningar och ytmaterial. Ett högre värde innefattar en kraftigare och intensivare avrinning. (Bodin et al, 2015, s. 161; Svenskt vatten, 2016, ss. 57-60).

Flödesutjämning: Processer som syftar till att minska de flödestoppar av dagvatten som uppstår vid intensiv och kraftig nederbörd i främst hårdgjorda miljöer. (Vinnova, 2014a, s. 65).

Utjämningskapacitet: Möjligheten för en anläggning att omhänderta en viss mängd dagvatten, och på så vis kunna balansera de flöden som uppstår vid kraftig nederbörd. (Vinnova, 2014a, s. 65).

Hydraulisk konduktivitet: Kan förklaras som markens (jordens) vattengenomsläpplighet, dvs. den mängd vatten som kan rinna igenom marken inom en viss tid. Detta påverkas främst av porstorleksfördelningen i jorden. (Svenskt vatten, 2016, ss. 57-60).

Återkomsttid (*exempelvis 100-årsregn*): Begreppet återkomsttid visar på den statistiska sannolikheten att en viss nederbördshändelse ska inträffa. Återkomsttiden beräknas utifrån en standardiserad analysmodell som bygger på tidigare mätningar. Desto längre återkomsttiden är i förhållande till observationsperioden, desto mindre troligt är det att händelsen statistiskt ska inträffa. Exempelvis är sannolikheten att ett 100-årsregn ska inträffa under en 1-års period 1 %. Återkomsttid används som underlag för bland annat dimensioneringen av dagvattenhantering. (Bodin et al, 2015, s. 165; Svenskt vatten, 2016, ss. 30-31, 57-60).

Sammandrag

I miljöer som till hög andel utgörs av hårdgjorda ytor kan regnvatten inte infiltrera ned i marken som normalt, utan stora mängder blir istället till dagvatten. Hanteringen av dagvatten sker idag generellt genom att det transporteras iväg via brunnar och underjordiska ledningar till reningsverk och recipienter utanför städerna. Detta kan vara problematiskt vid kraftiga flöden då ledningarna utsätts för en mycket hög belastning, med risken att detta kan leda till översvämningar som följd. Bortförandet av dagvatten innebär även att de föroreningar som det binder förs vidare ut i systemet. Detta kan i värsta fall leda till att naturliga recipienter förorenas. Att rena dagvatten i reningsverk är även en mycket kostsam process. Således finns det stora samhälleliga intressen av att utarbeta alternativa, mer långsiktigt hållbara metoder för omhändertagande av dagvatten lokalt på platsen för avrinningen.

I Kristianstad finns ett intresse från kommunens sida att implementera en sådan lösning i samband med den kommande renoveringen och omgestaltningen av Vasagatan i centrala staden. Hållbar dagvattenhantering syftar till att utnyttja processerna i den naturliga vattencykeln i omhändertagandet av dagvatten för att reducera kostnader, öka kapaciteten och att samtidigt utnyttja dagvattnet för att skapa olika slags ekologiska och sociala mervärden.

En regnbädd är ett slags biofilteranläggning som nyttjar jordens, vegetationens och mikroorganismers förmåga att omhänderta, fördröja och rena dagvatten lokalt på platsen för avrinningen. Regnbäddar utformas generellt som nedsänkta och vegetationsklädda planteringsytor, till vilka dagvatten från omkringliggande ytor leds ned i. Jorden i regnbäddar, även kallat filtermaterialet, är speciellt framtaget för att främja god infiltration såväl som för att samtidigt även filtrera bort partiklar och föroreningar i dagvattnet. Vegetationens roll i en regnbädd är avgörande i flera steg i omhändertagandeprocessen av dagvattnet, dels genom att den tar upp och binder föroreningar i form av partiklar och näringsämnen, samt att den transpirerar vatten. Regnbäddar kan utformas med ett brett spektrum av olika växter i form av träd, buskar och perenner. Ståndorten som regnbäddar erbjuder är dock väldigt speciell, med kraftiga fluktuationer mellan torrt och blött. Således ställs höga krav på vegetationsvalet. Regnbäddar är väldigt flexibla i sin konstruktion och kan därför utformas för att passa in även i trånga situationer där det råder brist på utrymme, så som i urbana gatumiljöer. Vid implementering av regnbäddar i befintliga gatumiljöer krävs dock att omfattande hänsyn tas för att anpassa utformningen till den existerande infrastrukturen i form av exempelvis ledningar i marken, garageutfarter, parkeringsplatser och att tillräckligt med utrymme finns för gång- och fordonstrafiken. Införandet av regnbäddar för också med sig en ökad grönska i städerna, vilket kan leda till såväl ekologiska och sociala förtjänster i form av förhöjd biologisk mångfald, samt rekreativa, pedagogiska och estetiska mervärden.

Gestaltningförslaget för Vasagatan visar på hur regnbäddar kan användas i utformningen av en gatumiljö för att omhänderta dagvatten, och samtidigt bidra till en omgestaltning av gatan som bättre passar dess trafikklassning som

ett gångfartsområde. Förslaget innebär att åtta regnbäddar förläggs längst gatan, vilka kommer att kunna omhänderta mellan 80-90 % av årsnederbörden, och således medverka till en avlastning av det konventionella dagvattensystemet. Förslaget innebär även att Vasagatan får ett ökat inslag av grönska och att mer utrymme ges till gångtrafiken.

Problem med att använda regnbäddar i gatumiljöer består främst i att de kräver utrymme, vilket generellt går ut över parkeringsplatser och körbanebredd. Avgörande för utformning och funktion är också hur möjligheten till infiltration på platsen ser ut. Regnbäddar är än så länge relativt outforskade i Sverige, och således saknas det mer långtgående kunskap, inte minst om hur väl de går att förena med vårt kalla vinterklimat.

Abstract

In environments with high proportions of sealed surfaces, rainwater cannot infiltrate naturally into the ground, but instead becomes stormwater. Today stormwater management is usually based on the water being transported through drains, and deposited in treatment plants and recipients outside the cities. This could be problematic in events of high flows when the drain system is under heavy pressure, creating a possible risk of flooding. A further result of carrying the stormwater away in underground pipes is that the contaminants bound to the water are passed on through the drain system. At worst, this lead to the pollution of natural water recipients. The process of de-contamination of stormwater is also quite expensive. Therefor there are major societal interests in developing alternative, more sustainable methods of managing stormwater locally at the point of runoff.

In Kristianstad, in northern Scania, the municipality has expressed interest in implementing such a solution in the upcoming renovation and redesign of the street Vasagatan. Sustainable stormwater management aims to use the processes of the natural water cycle in the management of storm water in order to reduce costs, increase capacity, and at the same time take advantage of the ecological and social benefits water contributes with.

A rain garden is a type of bio-retention facility that uses the ability of soil, vegetation and microorganism to capture, detain and clean storm water at the site of the runoff. Rain gardens are generally designed as submerged vegetation-clad planters, to which stormwater from surrounding areas are being led in-to. The soil in rain gardens, known as the filter material, is specifically designed to promote good infiltration as well as to simultaneously also filter out particles and pollutants in the stormwater. Vegetation has key roles in several steps in the stormwater process of rain gardens. Plants take up and bind contaminants in the form of particles and nutrients, and transpires water. Rain gardens can be designed with a wide range of different plants in the form of trees, shrubs and perennials. The habitat condition that rain gardens offer is, however, quite distinctive, with strong fluctuations between dry and wet situations.

Therefore, high demands are placed on the selection of plant material. Rain gardens are very flexible and can be designed to fit even in situations where there is a shortage of space, such as in urban street environments. Implementation of rain gardens in existing street environments require that extensive account is taken to the present infrastructure, for example, underground pipes, driveways, parking lots and that sufficient space is available for pedestrian and vehicle traffic. Rain gardens also brings an increased greenery into urban environments, which can lead to both ecological and social benefits in terms of increased biological diversity, as well as recreational, educational and aesthetic values being added.

The design proposal for Vasagatan displays how rain gardens can be used for sustainable stormwater management in a street environment, and at the same time contribute to the transformation of the street into a design that better suits its traffic classification as a living street. The proposal involves eight rain gardens being placed along the street, which together will be able to retain 80-90 % of the annual rainfall, thus relieving the drain system. The proposal also results in increased green values and more space for pedestrians.

Problems connected to implementation of rain gardens in street environments consists primarily of their requirement for space, which generally results in a reduction of parking spaces and street width. The possibility of onsite infiltration is also crucial to the design and function of rain gardens. Rain gardens are so far relatively unexplored in Sweden, and thus there is a limit in knowledge, not least, on how well they are compatible with cold winter climate.

Innehållsförteckning

Inledning

Bakgrund och problembeskrivning s. 6

Introduktion av gestaltningsuppdraget s. 7

Syften och mål s. 7

Frågeställningar s. 7

Avgränsningar s. 7

Material och metod s. 7

Litteraturstudie

Med den naturliga dagvattencykeln som förebild s. 9

Hållbar dagvattenhantering som koncept s. 9

Hållbar dagvattenhantering som ekosystemtjänster s. 9

Dagvattenkedjan s. 10

Biofiltrering s. 10

Regnbäddar s. 11

Användningsområden för regnbäddar s. 12

Utformning och konstruktion s. 12

Filtermaterialet s. 13

Växter för regnbäddar s. 14

Dimensionering av regnbäddar s. 15

Fördröjning av dagvatten s. 15

Rening av dagvatten s. 15

Skötsel och underhåll s. 16

Regnbäddar i nordiskt klimat s. 16

Regnbäddar i nybyggda kontra befintliga kontexter s. 16

Alternativa och kompletterande lösningar till regnbäddar s. 17

Sociala och ekologiska mervärden av regnbäddar s. 17

Utformning av gatumiljöer s. 18

Tänkbara nackdelar och problem med regnbäddar s. 19

Studie av referensprojekt

Monbijougatan s. 20

Öringevägen s. 21

SW 12th Avenue Green street projekt s. 22

Derbyshire street pocket park s. 23

Sammanfattning av referensstudien s. 23

Gestaltningförslag

Utgångspunkter för gestaltningförslaget s. 24

Kristianstads kommuns grön-blåa visioner s. 24

Beskrivning av gestaltningsområdet s. 24

Tekniska förutsättningar s. 26

Presentation av gestaltningförslaget s. 26

Gestaltning som påverkats av tekniska faktorer s. 27

Dimensionering och placering av regnbäddarna s. 33

Regnbäddarnas utformning s. 33

Växtgestaltningen av regnbäddarna s. 34

Sammanfattande konsekvensbeskrivning av gestaltningförslaget s. 36

Avslutning

Reflektioner kring förslaget och gestaltningsprocessen s. 37

Avslutande diskussion s. 37

Avstämning mot frågeställningen s. 39

Slutsatser av examensarbetet s. 39

Behovet av vidare arbete och forskning s. 40

Avslutande ord s. 40

Källförteckning

Litteraturförteckning s. 41

Muntliga källor s. 42

Övriga källor s. 42

Figurförteckning s. 42

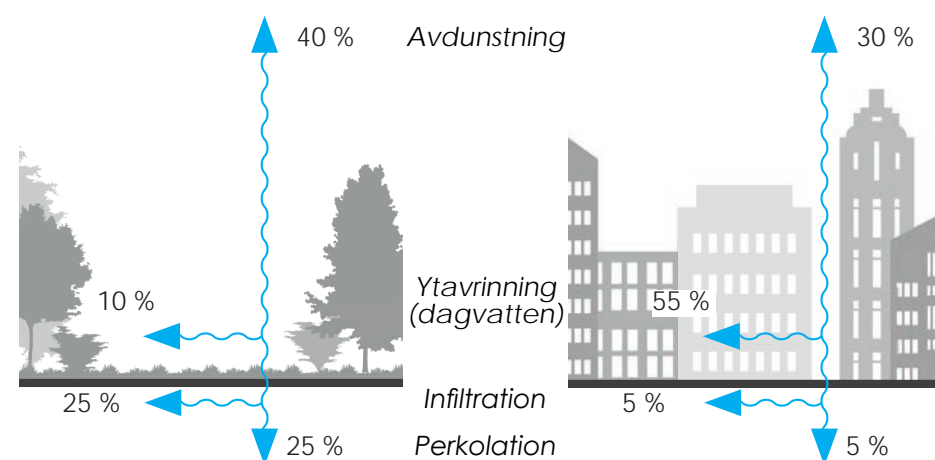
Bakgrund och problembeskrivning

Dagvatten är vatten som tillfälligt förekommer på och rinner över markytor, det vill säga vatten som befinner sig i dagen. När man talar om dagvatten generellt syftar man dock oftast på det regn- eller smältvatten från snö och is som i stadsmiljö rinner från och över hårdgjorda ytor som exempelvis hustak, gator och parkeringsplatser. (VA-guiden, o.å.). Andra termer som syftar på samma sak som dagvatten, och som förekommer i uppsatsen främst för att skapa variation i texten, är bland annat *nederbörd*, *regnvatten*, *ytavrinning* och *flöden*. Den engelska termen för dagvatten är *stormwater*. I tätbebyggda områden transporteras dagvatten vanligtvis iväg genom brunnar och nedgrävda ledningar till recipienter bortom bebyggelsen. Målet med detta är att dagvattnet så fort som möjligt ska ledas bort från bebyggda områden för att på så vis undvika översvämningsskador på infrastrukturen. (CIRIA, 2015, ss. 21-23; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 34-35; Stahre, 2004, ss. 9-10).

I och med att våra svenska städer växer i allt snabbare takt och blir allt mer förtätade som följd av en ökad urbaniseringstrend, medför detta även att andelen hårdgjorda ytor också ökar kraftigt (Stahre, 2004, ss. 9-10). Med hårdgjorda ytor menas ytor vilka bildar ett för vatten svärgenomträngligt lager, vilket reducerar eller hindrar att dagvattnet kan infiltrera ned i den underliggande marken. Regn som faller på dessa ytor blir till dagvatten som ansamlas på hårdgjorda ytor, istället för att som i naturliga fall infiltreras ned i marken. Mängderna dagvatten som uppstår vid nederbörd kan vara två till tre gånger större för tätbebyggda områden med en hög andel hårdgjorda ytor än i jämförelse med områden där istället infiltrerbar mark och vegetation dominerar. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 34-35). Avrinningen på hårdgjorda ytor sker dessutom i ett betydligt hastigare förlopp, och de flödestoppar som uppstår blir således betydligt kraftigare än på infiltrerbar mark (CIRIA, 2015, ss. 37-38; Lönngren, 2001, ss.13-14; Stahre, 2004, ss. 9-10). Så länge nederbörden inte överstiger normalvärden är detta oftast inget större problem, men vid kraftig nederbörd däremot, då stora mängder dagvatten på kort tid koncentreras till ett begränsat område, riskerar de slutna ledningssystemen att överbelastas, med översvämningar som följd (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 34-35). Exempelvis drabbades Malmö den 31 augusti 2014 av ett mycket kraftigt och intensivt regn som enligt uppmätningar översteg återkomsttiden för ett 100-årsregn. De mycket stora mängderna regnvatten som ackumulerades på kort tid gjorde att stadens konventionella dagvattensystem kollapsade för trycket, vilket ledde till svåra översvämningar. (Svenskt vatten, 2016, ss. 21-24). Då nederbördsmängderna i Sverige generellt uppskattas att öka, och de kraftiga regnen förväntas bli fler framöver, så finns det således ett stort behov av lösningar för att förhindra framtida översvämningsskador (Boverket, 2010, ss. 36-37; CIRIA, 2015, ss. 5-10). Den traditionella ingenjörsmässiga metoden att komma till rätta med dagvattenproblematiken har varit att ytterligare bygga ut ledningarnas kapacitet. Denna lösning är dock oerhört ekonomiskt ansträngande i längden. (CIRIA, 2015, ss. 5-10; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 36-38; Stahre, 2004, ss. 9-10). Enligt Svenskt vatten (2016, ss. 21-24) visar exempelvis den översvämning som drabbade Malmö 2014, på den konventionella dagvattenhanteringsens sårbarhet vid mycket kraftig

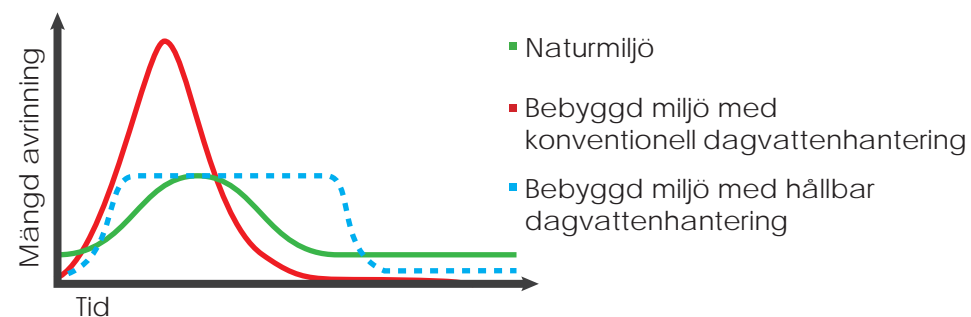
nederbörd. Att utforma dagvattenhanteringen för att kunna stå emot framtida översvämningsskador genom att enbart använda konventionella lösningar skulle sannolikt kräva omfattande uppgraderingar av ledningssystemets kapacitet. Detta skulle då medföra enorma kostnader och antagligen inte vara långsiktigt hållbart ur ett ekonomiskt perspektiv (ibid.). En alternativ strategi är istället att arbeta med mer långsiktigt hållbara lösningar nära källan till avrinningen, genom olika former av lokal fördröjning och omhändertagande av dagvattnet innan det når ledningssystemet. Dessa lösningar är ofta mindre kostsamma på lång sikt och de kräver vanligtvis mindre tekniskt avancerade insatser. (CIRIA, 2015, ss. 5-10; Stahre, 2004, ss. 9-10; Svenskt vatten, 2016, ss. 25-27).

Avrinningsmönster för olika miljöer



Figur 1. Av Wille Helmbold, efter sammanställning av Dunnett & Clayden (2007, s. 34).

Avrinningsintensiteten för olika miljöer



Figur 2. Av Wille Helmbold, efter sammanställning av CIRIA (2015, s. 38).

När vatten rinner över hårdgjorda ytor samlar det ofta på sig en mängd föroreningar som exempelvis olja och tungmetaller från fordonstrafiken, damm och restpartiklar från markbeläggningar och byggnader, näringsämnen som fosfor och kväve, samt bakterier från diverse organiskt avfall (CIRIA, 2015, ss. 51-55; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 35-36; Svenskt vatten, 2016, ss. 25-27). Dessa föroreningar förs med i dagvattnet och riskerar således att spridas vidare till naturliga recipienter som sjöar, floder, hav och inte minst till grundvattnet (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 35-36). I och med dagvattenledningarnas snabba transport av vattnet blir dessa även ett slags motorväg för de medföljande

föroreningarna (Lönnegren, 2001, s. 13). Detta utgör särskilt allvarliga hot om dagvattnet transporteras direkt ut i naturliga vattendrag då föroreningarna riskerar att hota de ekologiska värdena i dessa akvatiska miljöer. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 35-36). Förorenat dagvatten riskerar även att leda till att dessa vattenmiljöer förlorar sitt potentiella estetiska och rekreativa värde (Chocat et al., 2007, s. 274). Mängden föroreningar i dagvattnet är väldigt varierande för olika platser (Svenskt vatten, 2016, ss. 25-27) och starkt knuten till avrinningsområdets användning (Lönnegren, 2001, ss. 26-29). I glest bebyggda villaområden är dagvattnet oftast mindre förorenat än i tungt belastade trafikmiljöer inne i städerna. Koncentrationen av föroreningar i dagvattnet är även varierande över tid. Efter en lång period utan nederbörd har mängderna föroreningar på marken hunnit byggas upp, och efterföljande regn har således en högre koncentration av föroreningar. (CIRIA, 2015, s. 54; Lönnegren, 2001, ss. 26-29). På vintern tenderar dagvatten att vara mer förorenat av trafikrelaterade partiklar på grund av dubbdäcksanvändning (Svenskt vatten, 2016, ss. 25-27). Det är även viktigt att belysa att det främst är den första mängden dagvatten som ackumuleras vid ett regn som innehåller mest föroreningar (Lönnegren, 2001, s. 12).

För att förebygga föroreningar av dagvattnet finns en rad olika åtgärder att vidta, som exempelvis renare drivmedel för fordonstrafiken, att använda tillförlitligare byggnadsmaterial som inte avsätter samma mängder restpartiklar och farliga metaller, samt tekniska lösningar som att installera renande filter i gatubrunnarna, och att regelbundet sopa och rensa bort skräp från de hårdgjorda ytorna. Detta kan dock endast begränsa mängden föroreningar till viss del. (CIRIA, 2015, ss. 56-59; Lönnegren, 2001, s. 26-28; Svenskt vatten, 2016, ss. 25-27). Enligt Svenskt vatten (2016, ss. 25-27) är det inte ekonomiskt hållbart att i framtiden fortsätta att enbart använda olika ”end-of-pipe” lösningar där allt dagvatten transporteras iväg från avrinningsområdet i ledningar för att omhändertas i särskilda reningsverk, vilka kostar enorma summor att driva. Därför anses att olika former av hållbar dagvattenhantering där dagvattnet till stor del kan fördröjas, renas och infiltreras lokalt på platsen, innan det förs vidare ut i det konventionella vattensystemet är rätt väg att gå för att reducera dessa problem i framtiden. (ibid.).



Figur 3-4. Hade dessa hårdgjorda miljöer (se bilder ovan) kunnat utformas på ett alternativt sätt för att underlätta hållbar dagvattenhantering? Foto: Wille Helmbold.

Introduktion av gestaltningsuppdraget

I Kristianstad har kommunens tjänstemän på Park- och stadsmiljöenheten och VA-enheten efterfrågat möjligheten att införa regnbäddar i den förestående renoveringen och omgestaltningen av Vasagatan i centrala staden. Från kommunens sida är målet att minska belastningen på stadens dagvattenledningar och få till stånd en mer hållbar dagvattenhantering som kan möta de utmaningar som ett förändrat klimat kan komma att föra med sig i framtiden. (Degerman, Siv, muntligt). Mitt examensarbete utgår till stor del ifrån denna kontext, och jag kommer som en del av examensarbetet att ta fram ett gestaltningsförslag för hur detta skulle kunna utföras.

Syften och mål

Det generella syftet med examensarbetet är att belysa de användningsområden och värden som regnbäddar, som en del av en mer hållbar dagvattenhantering, kan bidra med. Ett mer konkret syfte är att även producera ett gestaltningsförslag för hur regnbäddar kan användas och utformas i en specifik gatumiljö i Kristianstad. Gestaltningsförslaget är tänkt att bidra med kunskap och inspiration till kommunens tjänstemän inför den kommande renoveringen och omgestaltningen av Vasagatan, men även inför andra framtida stadsbyggnadsprojekt.

Målet med detta examensarbete är att undersöka argumenten för och möjligheterna med att använda regnbäddar som en hållbar dagvattenlösning i gatumiljöer. För att göra detta behövs en redogörande bakgrund presenteras för hur regnbäddar kan vara uppbyggda och utformas och hur de kan användas för att omhänderta, fördröja och rena dagvatten. Ett vidare mål med uppsatsen är även att undersöka om regnbäddar kan skänka ytterligare mervärden i form av ekologiska värden, som exempelvis främjande av biologisk mångfald, och sociala värden, som exempelvis estetiska, rekreativa och pedagogiska värden. Ett mer konkret mål är att applicera det jag kommit fram till i ett gestaltningsförslag för hur regnbäddar, utifrån föregående nämnda perspektiv, kan användas i omgestaltningen av Vasagatan i Kristianstad. Ett ytterligare mål är även att kritiskt granska vilka problem som kan finnas med att använda regnbäddar i gatumiljöer, med utgångspunkt ifrån vad som framkommit i såväl litteraturstudien, referensstudien och gestaltningsförslaget för Vasagatan, för att på så vis kunna föra en diskussion om regnbäddars potential att användas som en hållbar dagvattenlösning i gatumiljöer.

Mitt examensarbete riktar sig till såväl studerande som yrkesverksamma landskapsarkitekter och andra grupper verksamma inom området för dagvattenhantering och stadsbyggnad, med förhoppningen att kunna bidra med kunskap, inspiration och exempel för vad regnbäddar kan bidra med och hur de kan användas i utformningen av gaturum.

Frågeställningar

- *Hur kan regnbäddar användas som en del av en hållbar dagvattenlösning, samt bidra till en attraktiv gatumiljö, vid omgestaltningen av Vasagatan i Kristianstad?*
- *Vilka argument finns för att motivera användandet av regnbäddar som hållbara dagvattenlösningar i städernas gatumiljöer, och vilka ytterligare mervärden kan de tillföra – med fokus på sociala och ekologiska perspektiv?*
- *Vilka nackdelar finns det med att använda regnbäddar – utifrån ovan nämnda aspekter?*

Avgränsningar

Hållbar dagvattenhantering är ett tvärvetenskapligt ämnesområde och följaktligen kommer mitt examensarbete att befinna sig i gränsområdet mellan landskapsarkitektens generella perspektiv vad gäller stadsbyggnad, miljö- och hållbarhetsfrågor, samt gestaltning av gröna, offentliga och rekreativa miljöer- och ett mer traditionellt ingenjörsmässigt perspektiv vad gäller problematik, utformning och implementering av dagvattenhantering i gatumiljö. Eftersom detta är ett examensarbete i landskapsarkitektur så kommer dock de föregående nämnda perspektiven att vara i fokus. Detta innebär att VA-tekniskt inriktade frågor som bland annat flödesberäkningar samt tekniska funktioner och konstruktioner endast kommer att redogöras för mer översiktligt. Beskrivningar och ritningar över regnbäddarnas funktion och konstruktion redovisas mer principiellt, där fokus ligger på att redogöra för den grundläggande uppbyggnaden och för de viktigaste funktionerna utifrån uppsatsens och det tillhörande gestaltningsförslagets mål och syften. Även de avancerade kemiska processer som sker i reningen av dagvatten i en regnbädd berörs endast översiktligt. Även trafikrelaterade frågor för gestaltningsförslaget behandlas endast övergripande utifrån min roll som landskapsarkitekt.

I mitt gestaltningsförslag har jag efter särskilda önskemål från Kristianstads kommun tagit hänsyn till de huvudledningar och servis-anslutningar i marken under Vasagatan för dagvatten, spillvatten och dricksvatten. Några önskemål eller uppgifter om exempelvis el-, bredband- eller telefonledningar har dock inte framkommit varför detta inte tagits med i gestaltningsförslaget. Jag har heller inte haft tillgång till detaljerad höjdmätning så som preliminärt var tänkt, och således har jag inte kunnat utföra någon detaljerad höjdsättning i mitt gestaltningsförslag. Mer om detta tas upp i material- och metodkapitlet.

Generellt fokuserar examensarbetet på att beskriva och diskutera olika lösningar och problem med en inriktning som lämpar sig för gestaltningsförslagets kontext. Således är uppsatsen generellt inriktad på att beskriva hållbar dagvattenhantering i allmänhet och i synnerhet regnbäddar, med ett fokus på urbana gaturum, likt Vasagatan i Kristianstad.

Material och metod

För att hitta litteratur har jag använt mig av SLU:s bibliotek och söktjänsten *PRIMO*, samt av sökmotorn *Google Scholar*. I de texter jag läst, samt genom rekommendationer från mina handledare har jag även funnit vidare hänvisningar till ytterligare litteratur. Litteraturen och den faktainsamling som ligger till grund för mitt examensarbete utgörs av en variation av böcker, forskningsartiklar, myndighetsrapporter, tekniska dokument, ritningar, kartor och information från hemsidor. Majoriteten av litteraturen utgörs av rapporter och sammanställningar, vilket innebär att en stor del av faktainsamlingen baseras på så kallade andrahandskällor. All litteratur jag nyttjat är inte av strikt vetenskaplig bakgrund, utan jag har till stor del även använt mig av information från exempelvis kommuner och arkitekt- och teknikföretag. Jag anser dock att detta inte bara varit en nödvändighet, utan även en fördel, då jag menar att landskapsarkitektur, även som forskningsämne, till stor del är ett praktiskt inriktat och verklighetsnära ämne vilket kräver att källor även utanför den akademiska världen undersöks. Forskningen och utvecklingen kring regnbäddar befinner sig i en expansiv fas, och jag har därför i största möjliga mån försökt använda källor som ligger nära i tiden. De litteraturkällor jag använt mig mest av är generellt inte mer än ett par år gamla. Jag har använt mig av såväl svensk som internationell litteratur. Värt att uppmärksamma är dock att det i dagsläget finns ett förhållandevis begränsad utbud av svenska litteraturkällor inom ämnet. De som finns tillgängliga är ofta kopplade till samma personer och organisationer, och de hänvisar även till stor del till samma ursprungskällor. Jag upplever även att det till viss del varit problematiskt att finna litteratur som har en mer kritisk hållning till användandet av regnbäddar, då de flesta källor generellt är inriktade på att beskriva fördelarna med dem. Referensstudien och mitt eget gestaltningsförslag har dock varit mycket fördelaktigt i detta hänseende, då de medfört ett bredare perspektiv.

Utöver en litteraturstudie har jag även genomfört en referensstudie av befintliga projekt för att ytterligare utöka min insamling av kunskap om regnbäddar, samt för att få mer information och inspiration till mitt gestaltningsförslag. Mer om detta finns att läsa längre fram i examensarbetet på sidan 20.

Som en viktig informationskälla för utgångspunkterna till gestaltningsförslaget har jag haft möten och samtal med Siv Degerman, landskapsarkitekt och chef på enheten för Park och stadsmiljö, samt med Lennart Mårtensson, projektledare på VA-enheten på Kristianstads kommun. Siv Degerman har även fungerat som ett bollplank för mig under min gestaltningsprocess, och bidragit med värdefull information, kunskap och kritik. För att få ytterligare rådgivning och inspiration har jag konsulterat flertalet yrkesverksamma personer med kompetens inom ämnet. Jag har även fått betydande vägledning från mina handledare Anders Folkesson och Kent Fridell. Av Anders Folkesson har jag i första hand fått rådgivning i det allmänna akademiska uppsatsskrivandet och i gestaltningsarbetet. Kent Fridell har främst gett mig rådgivning vad gäller tekniska frågor om utformning och konstruktion av regnbäddar, men även med beräkningar och dimensioneringar, vilket legat till grund för mitt slutliga gestaltningsförslag.

Kristianstads kommun har tillhandahållit digitalt kartmaterial över gestaltningsområdet, bland annat en *Grundkarta* som visar befintlig utformning av platsen och en *VA-karta* som redogör positionerna för de befintliga huvudledningarna och servis-anslutningarna under Vasagatan. Då jag inte har haft tillgång till någon detaljerad höjdinmätning fick jag utgå ifrån de höjder som tillkom med VA-kartan, och därefter fick jag själv göra en uppskattad inmätning med hjälp av mobil-applikationen *Clinometer*, vilken kan användas för att beräkna lutningar i marken. Att översiktligt bedöma den befintliga höjdsättningen och avvattningen av gestaltningsområdet var dock förhållandevis enkelt då Vasagatan är tydligt avdelad från omkringliggande ytor genom kantstöd och höjdryggar, samt att avvattningen på ett väldigt konstant sätt följer ett tydligt system. Vid ett av mina platsbesök hade jag även turen att det regnade, vilket gjorde att jag tydligt kunde bedöma avvattningen och lutningarna i marken. Grundkartan som tillhandahölls från Kristianstads kommun behövde uppdateras något då vissa för gestaltningsförslaget relevanta objekt inte fanns med. Jag behövde exempelvis själv mäta in de exakta lägena för garageutfarterna mot Vasagatan. Detta gjorde jag utifrån bästa förmåga med hjälp av måttband i kombination med beräkning av kända mått från kartan. Det är dock viktigt att påpeka att det således kan finnas en viss felmarginal för inmätningen av dessa objekt.

För översättningar har jag generellt använt mig av tjänsterna *Google translate* och *Nationalencyklopedin*. I utformningen av mitt gestaltningsförslag har jag i huvudsak använt mig av rekommendationer och måttangivelser från *Arkitektens handbok* (Bodin et al., 2015) och Gatukontoret i Malmö stads *Tekniska handbok* (Malmö stad, 2016) om inget annat anges. Anledningen till att jag använde mig av Malmö stads tekniska handbok var för att Kristianstads kommun i dagsläget inte har någon egen sådan, samt för att jag upplever Malmös som väldigt välgjord och pedagogisk. För rekommendationer om gatuutformning har jag även konsulterat Nacka stads *Gatustandard i Nacka stad- att bygga med moduler* från 2015, som jag tidigare kommit i kontakt med under min utbildning då jag varit på praktik. För att göra dimensioneringar av dagvattenflöden och beräkningar av regnbäddarnas utjämningskapacitet har jag använt mig av studiekompndiet *Att räkna på vatten – en formelsamling för landskapsingengörer* (Persson, et al., 2014) samt genom handledning med Kent Fridell. Jag vill dock betona att jag enbart gjort översiktliga beräkningar, då det är den nivån som är av relevans för mitt examensarbete och mitt gestaltningsförslag. Exaktare uträkningar hade krävt mer information om regnbäddarnas uppbyggnad i projekteringsdetalj, vilket aldrig varit aktuellt för detta examensarbete.

I gestaltningsarbetet har jag i huvudsak använt mig av programmen *Auto-CAD*, *Sketch-up* och *Adobe Creative Cloud-serien*. Samtliga illustrationer som förekommer i arbetet är gjorda av mig om inget annat anges. Visst grafiskt material till kollage, illustrationsplaner och sektioner är dock hämtat från gratistjänster som bland annat *Archileaks* och *Skalgubbar*.

Genom hela arbetsprocessen har jag medvetet valt att arbeta växelvis mellan litteraturstudier, besök av referensprojekt och med gestaltningsförslaget. Detta har jag valt att göra för att redan i ett tidigt stadium kunna inkludera och förankra gestaltningsuppgiften i arbetet. På så vis menar jag att jag tagit i beaktande att gestaltningen inte skulle komma att bli ett avslutande appendix, någonting tillsynes franskiljt från övriga delar av arbetet, vilket jag sett flertalet negativa exempel på i tidigare studentarbeten. Genom att arbeta växelvis har jag även till stor del tidigt i processen kunnat anpassa val av bland annat metod, material och litteratur för att det ska vara av maximal relevans för mitt gestaltningsförslag, och för mitt examensarbete som helhet.

Litteraturstudie

Med den naturliga vattencykeln som förebild

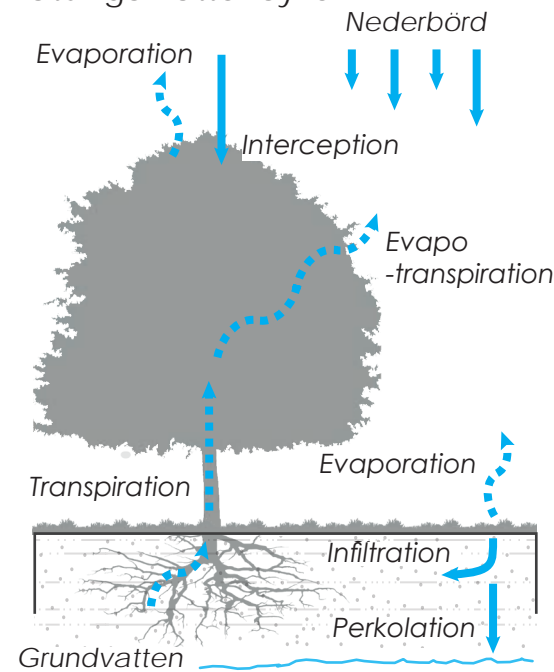
Den *naturliga vattencykeln* är den ändlösa process i vilken vatten faller till jorden som regn för att genom en serie steg slutligen avdunsta tillbaka ut i atmosfären, för att sedan åter falla till jorden igen som regn (CIRIA, 2015, ss. 21-23; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 32-33). De olika processerna i den naturliga vattencykeln är evaporation, interception, infiltration, perkolation och transpiration (evapotranspiration). *Evaporation* är den process där vatten från olika ytor och material avdunstar tillbaka till atmosfären. Med *interception* menas att regnvatten fångas upp av vegetationen på dess blad- och grenverk. Av det regnvattnet som fångas på växternas blad faller en del sedan ned till marken, och en del evaporerar direkt. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-42). Förmågan till interception ökar i en flerskiktad vegetation då det finns tillgång till en större sammanlagd bladyta för regnvattnet att fångas upp på. På vintern är exempelvis interceptionsförmågan för lövfällande vegetation kraftigt reducerad i jämförelse med städsegröna växter. (Sjöman & Slagstedt, 2015, ss. 283-287). *Infiltration* innebär att vattnet tar sig ned i marken genom inträngning i porer i jorden eller i annat poröst material (Lönngren, 2001, s. 10), istället för att rinna vidare på ytan som dagvatten. Infiltrationsförmågan i marken avgörs av en mängd olika faktorer som exempelvis jordartstyp, kompaktering, lutning och grundvattennivå (Wallin, 2002, ss. 50-53). Med *perkolation* menas vattnets rörelse ned genom marken, från den omättade zonen, tills det slutligen upptas i den vattenmättade zonen, det vill säga grundvattnet (Lönngren, 2001, s. 10; Vinnova, 2014a, s. 65). *Transpiration* är den process genom vilken växter tar upp vatten ur marken vilket sedermera transpirerar genom dess klyvöppningar. *Evapotranspiration* är termen för den kombinerade processen av transpiration och evaporation. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-42).

I bebyggda miljöer som till stor del utgörs av hårdgjorda ytor, bryts den naturliga vattencykeln i och med att regnvattnet inte kan tas omhand på plats, utan istället blir till dagvatten som transporteras bort genom ledningar till olika reningsverk och recipienter. Detta resulterar i att det vid tillfällen med kraftig nederbörd uppstår stora flöden av dagvatten i städerna att omhänderta, vilket utsätter de konventionella ledningssystemen för stora påfrestningar och risken är att det leder till kostsamma översvämningar. (CIRIA, 2015, s. ss. 21-23; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 32-38). Samtidigt leder brytningen av den naturliga vattencykeln i urbana miljöer även till att det uppstår perioder av vattenbrist och torka på grund av att nederbörden förs iväg istället för att infiltrera ned i marken och upptas lokalt i grundvattenreserven. Som en följd av det behöver ofta planteringar och gatutråd i städerna att stödbevattnas under varma torrperioder, vilket medför ökade kostnader. Således blir resultatet av de höga proportionerna hårdgjorda ytor i kombination med konventionell dagvattenhantering att städer ironiskt nog blir känsliga för både översvämningar och torka. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 32-38).

Istället för att inrikta dagvattenhanteringen på att så snabbt som möjligt föra undan regnvattnet i ledningar, och således bryta den naturliga vattencykeln,

har metoder som återskapar eller imiterar dessa naturliga processer succesivt kommit att bli allt mer uppmärksammade och använda. Genom att låta vattnet vara synligt och genom att använda processerna i den naturliga vattencykeln som någonting positivt, har ett slags ny filosofi inom dagvattenhanteringen gett upphov till flertalet grå-blå-gröna dagvattenlösningar som är applicerbara även i småskaliga urbana kontexter. (ibid.).

Naturliga vattencykeln



Figur 5. Av Wille Helmbold, efter sammanställning av Dunnett & Clayden (2007, s. 42) och Svenskt vatten (2016, s.58).

Hållbar dagvattenhantering som koncept

Hållbar dagvattenhantering (eng. *sustainable storm water management*) är ett slags samlingsnamn som syftar till olika åtgärder för att skapa förutsättningar i samhällets infrastruktur för att efterlikna processerna i den naturliga vattencykeln i omhändertagandet av dagvatten (CIRIA, 2015, ss. 5-10; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 36-38). Terminologin varierar mellan olika litteraturkällor, och andra vanligen förekommande benämningar med samma betydelse på svenska är bland annat *ekologisk dagvattenhantering* och *öppen dagvattenhantering* (Lönngren, 2001, ss. 9-11; Stahre, 2004, ss. 11-15; Svenskt vatten, 2016, ss. 28-29). Internationellt förekommer även benämningar som bland annat *sustainable drainage system (SuDS)* som främst används i Storbritannien, och *low impact development (LID)* som främst förekommer i USA och Kanada. (CIRIA, 2015, ss. 19-21; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 36-38). Målet med hållbar dagvattenhantering är att regnvattnet i så stor mån som möjligt ska fördröjas och tas omhand i olika steg, genom bland annat infiltration och avdunstning, från det att det faller som regn på platsen tills dess att det avsetts i den slutliga recipienten. Detta innefattar även att reducera spridningen av eventuella föroreningar som färdas med dagvattnet, samt att rena kontaminerat vatten. (CIRIA, 2015, ss. 5-10;

Dunnett & Clayden, 2007, s. 40; Svenskt vatten, 2016, ss. 28-29).

Enligt den nu bortgångne professorn i teknisk vattenresurslära och tidigare chefen på VA-SYD Peter Stahre kan grundprincipen för vad som idag kallas hållbar dagvattenhantering refereras tillbaka till Rio-deklarationen och Agenda 21 (UN Conference on Environment and Development 1992) som i början av 1990-talet myntade begreppet *hållbar samhällsutveckling* (eng. *sustainable development*). Stahre menar att huvudsyftet med hållbar dagvattenhantering ska vara att samhällsplaneringen av vattenresurser ska ske utifrån såväl tekniska och ekonomiska aspekter såväl som sociala perspektiv, i ett förenat sammanhang. Den stora skillnaden mot tidigare konventionell dagvattenhantering, som enligt Stahre var strikt inriktad på bortförandet av dagvatten i nedgrävda ledningar, är att inte bara se dagvattnet som ett problem, utan även som ett värdefullt inslag i stadslandskapet. Genom att utnyttja olika typer av öppna dagvattenlösningar, och genom att utforma och gestalta dessa för att passa in i stadslandskapet menar han även att stora mervärden kan skapas för medborgarna. (Stahre, 2004, ss. 11-15).

Hållbar dagvattenhantering innefattar en stor variation av olika sorters lösningar och anläggningar för omhändertagande av dagvatten genom att efterlikna den naturliga vattencykeln. De olika hållbara dagvattenlösningarna karaktäriseras av strävan att maximalt utnyttja omhändertagandemetoder och processer som trög avrinning, fördröjning, uppsamling och infiltration, där möjligheterna finns. (CIRIA, 2015, ss. 19-21).

Hållbar dagvattenhantering som ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster kan definieras som de samlade värden som naturen bidrar med för människans hälsa och välbefinnande och som vi antingen är direkt eller indirekt beroende av (Bodin et al, 2015, s. 150). Vanligtvis delas de in i fyra stycken undergrupper: *producerande tjänster*, *reglerande tjänster*, *upprätthållande tjänster* och *kulturella tjänster*. Producerande ekosystemtjänster kan exempelvis vara livsnödvändiga råvaror vi nyttjar, alltifrån den mat vi äter till det syre vi andas. Reglerande ekosystemtjänster kan till exempel utgöras av att växter, jord och mikroorganismer kan rena vårt vatten. Understödjande ekosystemtjänster kan bland annat vara tillgången till pollinerande insekter, men även utnyttjandet av den naturliga vattencykeln för att omhänderta dagvatten på ett mer långsiktigt sätt. Kulturella ekosystemtjänster innefattar våra möjligheter att använda naturen ur estetiska, pedagogiska och rekreativa perspektiv. (Bodin et al, 2015, s. 165; Nationalencyklopedin, 2016). Hållbar dagvattenhantering, och de anläggningar och lösningar det utgörs av, kan således ge upphov till flertalet ekosystemtjänster som verkar såväl producerande, reglerande, upprätthållande och kulturellt.

I samhällsplaneringen betonas vikten av att inte bara skydda befintliga ekosystemtjänster, utan att även att försöka återskapa förlorade värden, och

att arbeta för att skapa nya ekosystemtjänster. Detta har inte minst visat sig vara en nödvändig strategi för att motverka effekterna av de rådande klimatförändringarna. Det finns även stora ekonomiska incitament i att främja tillvaratagandet av ekosystemtjänster i fysiska planering. (Bodin et al, 2015, s. 165). Städernas invånare är i hög grad beroende av de ekosystemtjänster naturen tillhandahåller. Ekosystemtjänster som framhålls som särskilt viktiga för urbana miljöer är: renande av luften från hälsovådliga partiklar, skapandet av ett gynnsamt mikroklimat genom att reglera temperaturförändringar, reduceringen av buller, omhändertagandet och rening av dagvatten, samt möjligheten till kulturella och rekreativa värden. (Bolund & Hunhammar, 1999, ss. 293-300).

Dagvattenkedjan

Hållbara dagvattenlösningar kan utformas på många olika sätt beroende på önskad lösning, på platsens tekniska förutsättningar och på kontexten. För att hållbar dagvattenhantering ska ge en optimal verkan ur ett vidare perspektiv krävs dock en planering där man överväger hur dagvattnet kan tas om hand i flera steg, från den lokala lösningen på platsen där nederbörden faller, till den plats där den slutligen ska omhändertas. (CIRIA, 2015, ss. 27-28; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 45-52). Denna integrerade flerstegsprocess kallas för *dagvattenkedjan* (eng. *the stormwater chain*), där tanken är att varje typ av dagvattenlösning blir ett slags länk som sedan kan kopplas samman till en kedja. För varje tillagd lösning läggs en länk till kedjan, vilket gör den starkare. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 45-52). Författarna och forskarna Nigel Dunnett

och Andy Clayden från the Departement of Landscape vid Sheffield University i Storbritannien delar in dessa olika länkar i dagvattenkedjan utifrån vilka lösningar de erbjuder för dagvattenhanteringen. De delar in dessa i kategorierna *förebyggande lösningar* (eng. *prevention techniques*), *fördröjande lösningar* (eng. *detention facilities*), *kvarhållande lösningar* (eng. *retention techniques*) och *avledande lösningar* (eng. *conveyance techniques*). (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 45-49). Värt att notera är att vissa dagvattenlösningar har förmågan att leva upp till flera eller till och med alla lösningarna som presenteras i dagvattenkedjan. Peter Stahre (2004, ss. 19-22) delar även han in olika hållbara dagvattenlösningar i fyra kategorier utifrån hur de kan placeras i en tänkt dagvattenkedja. Stahres definitioner refereras ofta till i svensk litteratur som berör hållbar dagvattenhantering, exempelvis Boverkets rapport *Mångfunktionella ytor* (2010, ss. 40-44). Stahre utgår ifrån ett annat perspektiv än Dunnett och Clayden, där han gör kategoriseringen utifrån var de olika lösningarna kan appliceras, medan de senare nämnda utgår mer ifrån vilken typ av lösning som dagvattenhanteringen i fråga erbjuder. Överst i sin dagvattenkedja placerar Stahre kategorin *lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD)*, och med detta menar han olika småskaliga anläggningar som är placerade på privat mark och som har som syfte att reducera och fördröja dagvattnet innan det förs vidare till det kommunala dagvattensystemet. Han påpekar att termen LOD ofta felaktigt används synonymt med all form av hållbar dagvattenhantering, och menar att detta, oavsett typ av dagvattenlösning, endast gäller för reducerande eller fördröjande anläggningar som sker på privat mark. (Stahre, 2004, ss. 19-23). *Fördröjning nära källan* är benämningen Stahre använder på de hållbara

dagvattenlösningar som återfinns på allmän platsmark och som verkar i det tidiga skedet av kedjan, oftast genom att bidra med tillfällig fördröjning eller omhändertagande av dagvatten. Fördröjning nära källan kan ske genom många olika lösningar beroende på utrymme och krav på fördröjning och omhändertagandet av dagvattnen. (Stahre, 2004, ss. 19-22, s. 39). *Trög avledning* av dagvatten är den tredje kategorin i Stahres dagvattenkedja, och innefattar lösningar på allmän platsmark som syftar till att bidra med en fördröjande transport av överflödigt dagvatten från de tidigare skedena i kedjan, till det slutgiltiga stegen i dagvattenkedjan. Tanken är att trög avledning ska kunna ersätta de snabba transporterna av dagvatten i nedgrävda ledningar. (Stahre, 2004, ss. 19-22, 49). *Samlad fördröjning* av dagvatten är benämningen på kategorin som befinner sig i det sista skedet av dagvattenkedjan. Här innefattas de lösningar vars syfte är att fördröja och samla dagvatten från de tidigare skedena. Ofta är dessa lösningar ganska storskaliga för att kunna hantera omfattande mängder dagvatten och på så vis kunna ha ett stort upptagningsområde. (Stahre, 2004, ss. 19-22, 59).

Principen, oavsett definition, bygger dock på den gemensamma utgångspunkten om att hållbar dagvattenhantering bör ske ur ett helhetsperspektiv. Stahre påpekar att många av de småskaliga hållbara dagvattenlösningarna som är tänkta att kunna användas på privat eller allmän platsmark där utrymmet är ganska begränsat, i sig ofta ger en ganska begränsad effekt, men att den kumulativa effekten av att de används utbredd blir mycket betydelsefull för att minska ansträngningen på den konventionella dagvattenhanteringen. (Stahre, 2004, s. 23).

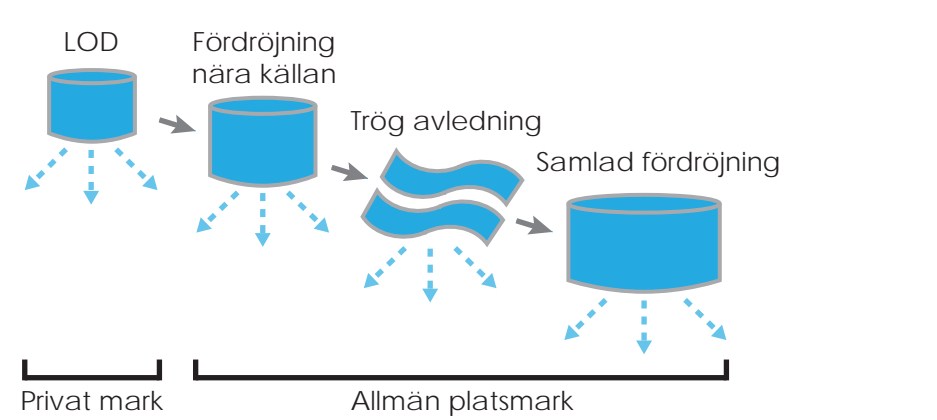
Exempel på olika komponenter i dagvattenkedjan

Anläggning → Funktion ↘	I direkt anslutning till byggnader		Nära byggnader			
			På avstånd från byggnader			
	Gröna tak	Gröna väggar	Genomsläppliga beläggningar	Regnbäddar	Diken och Kanaler	Våtmarker och Dammar
Förebyggande (Prevention)	X		X	X	X	X
Fördröjande (Retention)	X	X		X	X	X
Kvarhållande (Detention)					(X)	X
Avledande (Conveyance)					X	
Renande (Filtration)				X	(X)	X
Ekologiskt värde (Habitat)	X	X		X	(X)	X
Socialt värde (Amenity)	(X)	X	(X)	X	X	X

X Helt (X) Delvis (kan vara)

Figur 6. Av Wille Helmbold, efter sammanställning baserad på Dunnett & Clayden (2007, ss. 45-49) och CIRIA (2015, ss.27-28).

Dagvattenkedjan



Figur 7. Av Wille Helmbold, efter sammanställning av Stahre (2004, s.19).

Biofiltrering

En av de viktigaste och mest använda metoderna i hållbar dagvattenhantering är en teknik som på engelska kallas för *bio-retention*, och som vanligen översatts till svenska som *biofiltrering*. Biofiltrering som koncept bygger på att efterlikna naturliga processer där man drar nytta av kemiska, biologiska och fysiska egenskaper i jordens och växternas förmåga att fördröja och rena dagvatten på plats nära källan (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 37-44; Prince George’s County, 2007, ss. 2-4; Vinnova, 2014a, ss. 8-9). Processen bygger

på att dagvatten leds till särskilda anläggningar, så kallade *biofilter* (eng. *bio-retention facilities*), där det tas omhand genom att fördröjas och infiltreras ned i anläggningens specialutformade jordbädd, kallat *filtermaterial* (eng. *filter medium*) (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 37-44; Prince George's County, 2007, s. 4). Vegetationen har en nyckelroll biofilteranläggningar, där den bidrar med att fånga upp partiklar och föroreningar på blad och rötter, och genom att transpirera vatten (CIRIA, 2015, ss. 333-335; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 37-44; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12). Biofilter skiljer sig från vanliga planteringar och växtbäddar genom att de är speciellt utformade för att omhänderta dagvatten. Konventionella planteringar saknar generellt dessa förutsättningar, då de är planterade med ett för ändamålet inte lika lämpligt växtmaterial samt att de är uppbyggda av mindre genomsläppliga jordar, vilket kan leda till att de blir vattensjuka och att vegetationen då tar skada av den syrebrist som uppstår om de mottar stora mängder dagvatten. (Sjöman & Slagstedt, 2015, ss. 287-290).

Principerna för biofiltrering kan användas för att utforma en mängd olika typer av hållbara blå-gröna dagvattenlösningar som kan variera i utseende och funktion beroende på vilken typ av hantering som efterfrågas, samt i vilken kontext de placeras i och vilka förutsättningar platsen erbjuder vad gäller möjligheten till infiltration i marken. (CIRIA, 2015, ss. 333-335; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 37-44; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Prince George's County, 2007, s. 9; Vinnova, 2014a, ss. 33-35). Konceptet för biofiltrering är att det främst ska brukas som ett första steg i en hållbar dagvattenhantering, det vill säga som en första länk i den dagvattenkedja som presenterades i föregående kapitel. Biofilter kan då antingen anläggas för att användas som LOD på privat fastighetsmark eller för fördröjning nära källan på allmän platsmark. (Vinnova, 2014a, s. 39).

Det förekommer en mängd olika benämningar på de olika biofilterlösningarna som finns, och termerna tenderar även att variera från källa till källa. Principen är dock i grunden den samma för samtliga lösningar, och det som i slutändan avgör vilket namn de ges beror ofta på vilken form och storlek de ges, samt vilken avvattnande funktion de har och vilken kontext de placeras i. Vanliga termer som förekommer på svenska är bland annat *regnbädd*, *regnträdgård* och *svackdike*, och vanliga termer som förekommer på engelska är exempelvis *rain garden*, *infiltration garden*, *storm water planter*, *stormwater swale*, *street-swale* och *bio-swale*. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 33-35).

Regnbäddar

Regnbädd, som är en svensk översättning av engelskans *rain garden*, är en typ av biofilterlösning som bygger på att efterlikna naturens sätt att omhänderta dagvatten genom olika fysiska, kemiska och biologiska processer (Vinnova, 2014a, ss. 33-35). Regnbäddar är mångfunktionella anläggningar som genererar flertalet olika ekosystemtjänster som bland annat fördröjning, infiltration och rening av dagvatten. De kan även bidra till att skapa en estetiskt tilltalande och

attraktiv stadsmiljö (CIRIA, 2015, ss. 333-335, 345; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, s. 41). Regnbäddar kan utformas på en rad olika sätt beroende på kontexten och önskad lösning. Vanligtvis utgörs en regnbädd av en nedsänkt och vegetationsbeklädd planteringsbädd. Det finns dock undantag till detta, bland annat i form av upphöjda regnbäddar som liknar ett slags planteringsboxar, och vars syfte vanligen är att omhänderta dagvatten från hustak (se figur 11, på sidan 13). Gemensamt för alla olika typer av regnbäddar är att de alla innehåller någon form av inlopp, fördröjningszon, bräddningsavlopp, erosionsskydd, filtermaterial och vegetation (CIRIA, 2015, ss. 333-335; Dunnett & Clayden, ss. 139-141; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 33-35).

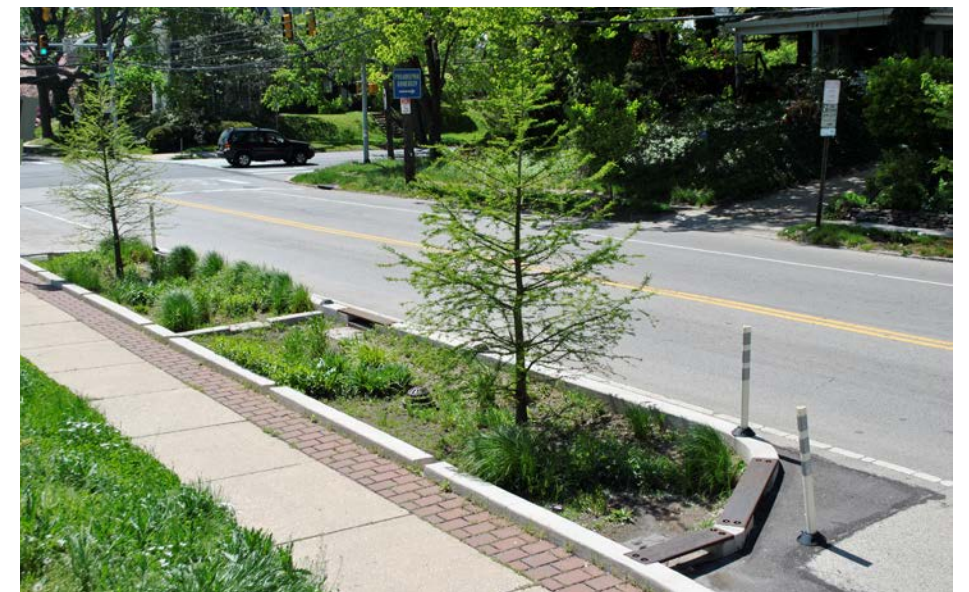
De första regnbäddarna började utvecklas och anläggas runt 1990-talet vid Prince George's County i Maryland i USA för att förhindra att föroreningar i dagvattnet spreds direkt ut i naturliga recipienter. Resultaten var mycket positiva, och det visade sig även att metoden var betydligt mer långsiktigt kostnadseffektiv än konventionell dagvattenrening. Utvecklingen och anläggandet av regnbäddar har sedan dess fått ett mycket stort genomslag, främst i USA, men även i andra delar av världen. (Dunnett & Clayden, ss. 13-14, 139-141; Vinnova, 2014a, ss. 33-35; Hunt, 2001, s. 1-11). I Sverige är regnbäddar hittills ett relativt nytt och obeprövat koncept (Vinnova, 2014a, ss. 33-35), men intresset för detta har ökat drastiskt de senaste åren och allt fler anläggningar planeras inom de närmaste åren (Fridell & Jergmo, ss. 4-12).

Vid nederbörd leds dagvatten till regnbädden där det infiltreras ned i filtermaterialet och antingen tas upp av växterna och transpirerar ut i atmosfären eller tillåts att perkolera ned i den underliggande markterrassen för att tas upp i grundvattnet. Vid kraftiga regn tillåts anläggningarna att bli översvämmade, och vatten blir då temporärt stående i bäddarna för att sedan succesivt infiltrera undan. Regnbäddar är enbart utformade med syftet att temporärt fördröja och infiltrera dagvatten, och inte för att förvara vatten en längre tid, likt våtmarker och dammar. De är därför uppbyggda av ett filtermaterial som har en hög genomsläpplighet. Vissa typer av regnbäddar är även utformade med kompletterande avvattningsystem för att säkerställa att överflödigt vatten inte ska bli stående i bädden en längre tid. Även sett till mängden dagvatten som en regnbädd kan omhänderta och fördröja finns det begränsningar, och för att förhindra att de överbelastas och svämmar över är de därför konstruerade med en dränerande säkerhetsfunktion. Bräddning kan då ske antingen genom att vatten tillåts svämma över bäddens kanter, eller mer vanligt att det sker genom ett bräddningsavlopp (CIRIA, 2015, ss.333-341; Dunnett & Clayden, ss. 139-141; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 33-35, 45-46).

Regnbäddar bör helst placeras på relativt flacka ytor. Vid anläggning av regnbäddar på mark med kraftigare lutning än 3-5% behöver särskild hänsyn vidtas för att säkerställa god fördröjningsförmåga samt för att reducera risker för erosion. (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 52-53).



Figur 8. Exempel på en enklare typ av regnbädd förlagd på en grönyta. Chicago, USA. Foto: flickr.



Figur 9. Exempel på en regnbädd i hårdgjord gatumiljö av curb-extension modell. Philadelphia, USA. Foto: flickr.



Figur 10. Exempel på en regnbädd i hårdgjord gatumiljö av curb-cut modell. Victoria, Kanada. Foto: flickr.

Det är även fördelaktigt att placera regnbäddar i ett relativt soligt läge då solvärmen medför ökad transpiration. Ett soligt läge möjliggör också ett bredare urval av lämpligt växtmaterial som är passande för regnbäddar. (Dunnett & Clayden, ss. 141-142).

Användningsområden för regnbäddar

Regnbäddar kan variera i storlek, form, och konstruktion beroende på syfte och kontext. (CIRIA, 2015, ss. 333-335; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 37-44; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 33-35). Regnbäddar kan anläggas på såväl privata tomter som på allmän platsmark. De kan i princip utformas och designas för att passa in i alla sorters miljöer så länge utrymme- och säkerhetsaspekter tillåter det, exempelvis på grönytor, längst vägar, i rondeller, som buffertzoner mellan gång- och körbana, på torg, vid parkeringsplatser och på de flesta platser i städernas gatulandskap. (CIRIA, 2015, ss. 340-341). Avgörande faktorer som styr utformningen och designen är dock hur möjligheten till infiltration ser ut, vilket styrs av den underliggande markterrassens genomsläpplighet, samt hur nära bebyggelse regnbäddarna placeras. (ibid.).

På grönytor, som exempelvis i parker eller på villatomter, kan mer grundläggande typer av regnbäddar anläggas. Dessa är vanligen konstruerade utan något slags kringgårdande kantstöd och utformas istället genom att göra en urskålning i marken på en låglänt del av avrinningsområdet dit dagvattnet leds. Regnbädden byggs sedan upp med en genomsläpplig jordblandning och lämplig vegetation planteras in. In- och utlopp kan i dessa fall på ett förenklat sätt exempelvis konstrueras genom att dagvatten rinner in i respektive ut ur bädden på bred front. Sådana typer av mer grundläggande regnbäddar är generellt utformade och konstruerade för att skötas av privata tomtägare och för att integreras som del av den övriga trädgården. De är dessutom betydligt mindre kostsamma att utföra än regnbäddar i hårdgjord miljö. I offentliga miljöer och på allmän platsmark kan mer avancerade typer av regnbäddar anläggas i hårdgjorda miljöer längst med gator och gångstråk, och invid stora imperiella ytor likt parkeringsplatser och torg. (CIRIA, 2015, ss. 333-336; Dunnett & Clayden, 2007, 139-141; Hunt & White, 2001, ss. 1-11). Detta examensarbete är som tidigare nämnt inriktat på att mer specifikt beskriva regnbäddar i en offentlig gatumiljö, och redogörelsen för konstruktion och utformning kommer således av den anledningen att vara mer inriktat på dessa förhållanden.

I hårdgjorda miljöer är regnbäddar vanligen uppbyggda med kringgårdande kanter. Dessa benämns generellt utifrån engelskan som *curb-cut* (alternativt som *planter*) eller *curb-extension* (alternativt som *bump-out*) beroende på hur de utformas. Dessa utgörs vanligtvis av nedsänkta växtbäddar som omhägnas av en skyddande stödmur (kantstöd). Dagvattnen leds in genom öppningar eller släpp i kanterna och tillåts rinna ned i bädden. Denna typ av kantförsedda regnbäddar används främst i gatumiljöer för att omhänderta dagvatten från vägbanor och trottoarer. (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 24-

27; Vinnova, 2014a, ss. 9-10, 39-41). Den konstruktionstyp som kallas curb-extension är utformad så att den tar upp och utnyttjar en del av körbanans yta (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 26-27; Vinnova, 2014a, ss. 9-10, 30-41), likt en konventionell *sidoförskjutning* av vägbanan där man använder sig av en så kallad förskjutningsklack (Vägverket, 2004, ss. 92-93). Liket en förskjutningsklack skapar en regnbädd av curb-extension modell en avsmalning av körbanan, vilket kan vara önskvärt för att sänka trafikens hastighet och för att medverka till en förhöjd uppmärksamhet och försiktighet hos förarna, samt för att skapa ett grönare och mer estetiskt tilltalande gaturum (CIRIA, 2015, s. 72, 146, 170). En förskjutningsklack bör helst utformas med mjukt avrundade hörn för att underlätta för trafiken och för driften av gatan. Det är även viktigt att förskjutningsklacken gestaltas med omsorg som en del av gaturummets helhet för att inte förta dess estetiska värde (Vägverket, 2004, ss. 92-98). Då curb-extension modellen innebär att gatans sidoutrymmen tas i anspråk för anläggandet av regnbäddar medför det ofta en avsmalning av gatan och att parkeringsplatser tas bort (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 26-27; Vinnova, 2014a, ss. 9-11, 39-41). Vid utformning av regnbäddar i gatumiljö enligt curb-cut modellen tas istället en del av trottoaren i anspråk för anläggningen. Detta kan antingen ske genom att själva trottoarens yta tas i bruk, alternativt genom att regnbäddarna förläggs där körbanan tidigare låg och att trottoaren sedan bräddas för att omgärda bäddarna. (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 24-26; Vinnova, 2014a, ss. 9-11, 39-41). Det senare nämnda alternativet medför dock även att parkeringsutrymme går förlorat. Även om utformningen varierar något mellan de olika curb-modellerna används de dock i samma syfte för att fördröja och omhänderta dagvatten i hårdgjorda miljöer. Inte heller växtgestaltningen styrs i sig av vald modell, utan de olika typerna av regnbäddar kan innehålla såväl träd, buskar, lökväxter och perenner. (Vinnova, 2014a, ss. 9-11, 39-41). Regnbäddar kan med fördel kombineras med andra aspekter i gestaltningen av gaturummet för att exempelvis skapa avskärmning och rumsligheter, skapa parkeringsfickor för såväl bilar som cyklar, samt verka för att markera övergångsställen (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 24-27, 48; CIRIA, 2015, s. 72, 146, 170).

Som tidigare nämnts finns det en stor bredd för hur regnbäddar kan utformas och gestaltas, med allt ifrån konstruktioner och utformningar som är anpassade för privata villaträdgårdar till strikt urbana och hårdgjorda torg och gatumiljöer. (Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Prince George's County, 2007, s. 9). Det är således landskapsarkitektens roll, i samråd med VA-ingenjörer och tekniska konstruktörer, att välja en utformning som maximerar såväl dagvattenhanteringen, som de estetiska värdena i landskapet i fråga. (Prince George's County, 2007, s. 9).

Utformning och konstruktion

Varje situation där en regnbädd anläggs erbjuder unika förutsättningar. Detta gör att konstruktionen måste anpassas efter den önskade effekten och efter platsens förutsättningar. Parametrar som påverkar konstruktionen kan exempelvis vara

vilka krav som ställs på förmågan att fördröja och rena dagvattnet, eller vilken typ av design och vegetation som efterfrågas. Det kan även röra platsspecifika förutsättningar så som vilken infiltrationsförmåga den befintliga markterrassen har, om det är brist på tillgängligt utrymme under marken på grund av ledningar och andra konstruktioner, eller hur rådande höjdskillnader och lutningar i omgivningen ser ut. (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 52-53, 66-68; Vinnova, 2014a, ss. 41-43).

I urbana gaturum bör nedsänkta regnbäddar konstrueras med någon form av kantstöd (stödmur) för att skapa ett stöd mot trycket från de omkringliggande hårdgjorda ytorna (Vinnova, 2014a, ss. 54-56). Detta är även viktigt för att förhindra att angränsande markbeläggningar tar skada av fukt från regnbäddarna (CIRIA, 2015, ss. 147-148). Exakt hur själva anläggningen konstrueras och vilka material som väljs kan variera, men som kantstöd används vanligtvis någon form av L-stöd i betong, antingen platsbyggt eller prefabricerat, för att bygga upp regnbäddens kanter. Kanterna kan dock utföras eller kläs i annat material om så önskas. (Vinnova, 2014a, ss. 54-56). I en konventionell stadsmässig gatumiljö där gångbanan separeras från fordonstrafiken med en upphöjning, placeras regnbäddens kantstöd mot körbanan i en normal kantstenshöjd (Vinnova, 2014a, ss. 54-56), vilket är cirka 100-120 mm (Malmö stad, 2016). Ytan på växtbädden släntas ned mot mitten så att en lägre höjdskillnad mot angränsande mark uppstår, vilket på så vis minskar fallhöjden vid en eventuell olycka (Vinnova, 2014a, ss. 54-56). En regnbädd har alltid någon form av *inlopp* genom vilket dagvattnet leds in. Det kan antingen ske genom att dagvatten rinner in på bred front över dess kanter, via rännor i marken, eller via ett koncentrerat inlopp i en specifik öppning i regnbäddens konstruktion. (ibid.). För regnbäddar i gatumiljöer, som har uppbyggda kanter och som ansluter till väg- och gångbanor, bör inloppets bredd helst inte understiga 500 mm för att förhindra riskerna för tilltäppning. Då avrinningsvattnet färdas med en viss hastighet bör ytan närmast intill inloppet försänkas något så att vattnet verkligen rinner in i bädden (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 66-68). Inloppets utformning påverkar hur mycket dagvatten regnbädden tar in, och framför allt med vilken flödeshastighet vattnet kommer in och hur det fördelas över regnbädden. Inloppet kan även utformas med en särskild fördamm där sediment kan avlägsnas innan dagvattnet rinner in i bädden. Detta brukar dock inte vara nödvändigt annat än vid konstruktion av stora regnbäddar där mängderna sediment beräknas vara höga. (CIRIA, ss. 345-347). Vid inloppet bör ett *erosionsskydd* anläggas för att reducera vattnets flödeshastighet och på så vis förhindra att erosion av växtbädden omkring inloppet uppstår. Detta kan utformas på många olika sätt men vanligast är att det utgörs av en vall av grus eller kross i en grov fraktion, alternativt av ett slags betongplatta eller marksten som placeras intill inloppet. Erosionsskyddet bidrar även till att större sediment och partiklar som färdas med dagvattnet avsätts i detta koncentrerade område, vilket kan underlätta bortförandet av dessa i skötseln. För att säkerställa en jämn fördelning av inflödet av dagvatten över hela anläggningen bör själva växtbädden anläggas med en viss inbyggd lutning, och större regnbäddar bör även konstrueras med flera stycken inlopp. (CIRIA, ss. 345-347;

Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 66-68; Vinnova, 2014a, ss. 44-50). För att undvika skador på såväl själva anläggningen som på omkringliggande infrastruktur konstrueras en regnbädd alltid med ett *bräddningsavlopp* som förhindrar att den svämmas över vid kraftig nederbörd. Bräddningsavloppet utgörs vanligtvis av en brunn som via en dräneringsledning, vid behov kan leda bort det överflödiga dagvatten som regnbädden inte kan hantera. Det dagvatten som bräddas kan istället ledas vidare till och tas omhand av andra närliggande hållbara dagvattenanläggningar, eller om detta alternativ inte är möjligt istället ledas vidare till det konventionella dagvattensystemet. Brunnen placeras på en specifik höjd över jordytan så att en beräknad mängd dagvatten kan tillåtas svämma över, dock inte så högt att översvämningen når anläggningens kanter. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 44-50). Den volym som bildas mellan växtbäddens yta och breddavloppet kallas för *fördröjningszon*. Fördröjningszonens volym anpassas efter rådande krav och förutsättningar, men rekommendationen för normalfall är att höjden upp till bräddningsavloppet från jordlagrets lägsta punkt ska vara cirka 200-300 mm. Vid särskilt höga krav på fördröjning kan avståndet vara ända upp till 500 mm. Bräddningsavloppet bör heller inte placeras allt för långt ifrån regnbäddens inlopp då vattnet annars måste passera en längre sträcka innan det kan bräddas. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 44-50).

Fridell & Jergmo (2015, ss. 4-12) beskriver att det i huvudsak finns fem olika grundkonstruktioner för regnbäddar, och att det som främst skiljer dessa från varandra är hur avvattningen är utformad. Det vill säga hur det omhändertagna dagvattnet slutligen lämnar regnbädden. Vilken typ av avvattningssystem som bör väljas beror på bland annat platsens förutsättningar och på dagvattnets föroreningsgrad.

Regnbädd av *typ 1* har utöver bräddningsavlopp inget avvattningssystem utan bygger på att det infiltrerade dagvattnet tillåts perkolera direkt ned i den underliggande markterrassen. Detta kräver att terrassen har en hög genomsläpplighet och att grundvattenbildande är önskvärt och möjligt. Det förutsätter även att föroreningshalten i dagvattnet inte är allt för hög, då risken annars finns att grundvattnet förorenas. Regnbäddar utan tät botten (typ 1-3) bör inte heller placeras närmare än cirka 3-5 m från byggnader, vilket gör de svåra att använda i tätbebyggda områden. Risken finns annars att en eventuell grundvattenhöjning eller läckage från bädden kan skada närliggande infrastruktur. (CIRIA, 2015, ss. 340-341; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Philadelphia Water Department et al., 2014, s. 66-68).

Regnbädd av *typ 2* är till skillnad från typ 1 konstruerad med ett avvattnande system som utgörs av en underliggande dräneringsledning. Detta för att säkerställa att inget vatten ska bli stående i växtbädden. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12). Konstrueras regnbäddar med en underliggande dräneringsledning är det generellt fördelaktigt att vinkla bäddens botten mot ledningen för att få till en maximal avvattning. (CIRIA, 2015, 347-349).

Regnbädd av *typ 3* är utformad med den avvattnande dräneringsledningen placerad i ovankanten av ett tjockare dräneringslager, som även fungerar som en underliggande fördröjningszon för dagvattnet innan det perkolerar vidare ned i terrassen. Detta lager rekommenderas vara minst 150 mm djupt, och utgörs vanligtvis av makadam i fraktionen 2-6 mm. Dräneringslagret resulterar i att ett kapillärbrytande skikt skapas, vilket innebär att dagvatten kan perkolera ned i terrassen, men att grundvattnet inte kan stiga upp i växtbädden. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 35-39).

Regnbädd av *typ 4* skiljer sig från de tidigare nämnda typerna genom att denna är konstruerad med en tät duk under dräneringslagret i botten och längst sidorna. Detta ger en kontroll över avvattningen i bädden och förhindrar således att dagvatten riskerar att läcka ut och skada intilliggande känslig infrastruktur eller förorena grundvattnet. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 35-39).

Regnbädd av *typ 5* är konstruerad likt typ 4 med tillägget att denna har ett avvattnande system som är utformad med ett slags vattenlås, vilket medför att det finns en vattenreserv i det underliggande dräneringslagret för växterna att tillgå. Denna lösning gör vegetationen extra motståndskraftig mot torka under perioder utan nederbörd, vilket är fördelaktigt om regnbäddarna är slutna (eng. lined), grunda eller planterade med träd, vilka har ett större behov av vatten. Konstruktionen medför även att det kvarhållna vattnet samtidigt ges en längre tid att hinna renas och transpireras i regnbädden. Den vattenmättade zonen i dräneringslagret skapar även en syrefattig miljö, vilket ökar reningen av kväve. För att detta ska ge en optimal effekt bör dock den vattenmättade zonen vara minst 300 mm djup. Denna typ av regnbäddskonstruktion kallas ibland även för *anaerobt biofiltersystem* (eng. *anaerob bioretention system*) (CIRIA, 2015, ss. 338-339; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 35-39, 48).

För att säkerställa att god perkolation sker, samt att grundvattnet inte riskerar att förorenas, bör regnbäddar enligt författarna till CIRIA-rapporten (2015, ss. 132-134) utformas så att dess botten inte ligger närmare än 1 meter ovanför den årliga högsta grundvattennivån. Författarna till Vinnova-rapporten (2014a, s. 50, 53) rekommenderar för samma sak att lägsta avstånd ska vara 0,5 meter. Om förutsättningarna inte tillåter detta är det viktigt att konstruktionstyp 4 eller 5 med en tät duk används. (CIRIA, 2015, ss. 132-134; Vinnova, 2014a, s. 50, 53).

Anläggningskostnaden för en regnbädd beror till stor del på vilken typ av anläggning och konstruktion som valts, vilket i sin tur är beroende av såväl önskad effekt som platsspecifika förutsättningar. (Hunt & White, 2001, ss. 1-11). Således är det svårt att göra en noggrann kostnadsberäkning innan dess att konstruktionen är fastslagen i detalj.



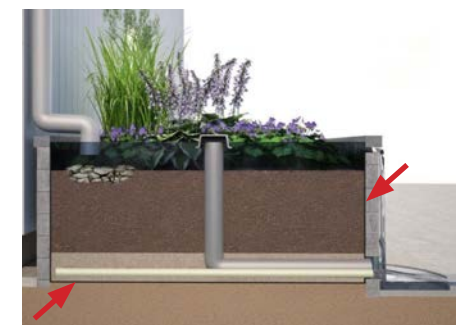
Figur 11. Regnbädd typ 1. Observera att bilden visar en upphöjd regnbädd. Principen är dock densamma vad gäller avvattnande system för en nedsänkt regnbädd. Illustration: Tengbomgruppen.



Figur 12. Regnbädd typ 2. Illustration: Tengbomgruppen.



Figur 13. Regnbädd typ 3. Illustration: Tengbomgruppen.



Figur 14. Regnbädd typ 4. Illustration: Tengbomgruppen.



Figur 15. Regnbädd typ 5. Illustration: Tengbomgruppen.

Filtermaterialet

Filtermaterialets sammansättning och egenskaper anses vara nyckeln till en regnbädds funktion vad gäller fördröjning och rening av dagvatten. För att effektivt kunna infiltrera stora mängder dagvatten krävs det att filtermaterialet har en hög genomsläpplighet, vilket uppnås av en jordblandning med en hög sandhalt. (CIRIA, 2015, ss. 350-352). Sett ur ett reningsperspektiv bör filtermaterialet däremot ha en lägre genomsläpplighet och innehålla en högre lerhalt för att effektivt kunna binda förorenade partiklar

(Hunt & White, 2001, ss. 1-11). Då filtermaterialet även utgör växtjorden för vegetationen i regnbädden krävs det dessutom att den lever upp till dessa krav vad gäller syretillförsel, vattenhållande förmåga och tillgång till näring. En hög sandhalt ger växterna sämre tillgång till vatten, medan en hög lerhalt riskerar att leda till att jorden blir vattensjuk med syrebrist för växterna som resultat. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12). Det krävs således att filtermaterialet konstrueras som ett slags kompromiss för att tillgodose de olika kraven (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 46-48). Enligt Hunt & White (2001, ss. 1-11) uppnås denna kompromiss lämpligast genom att använda en jordblandning av sandig-silt eller siltig-sand. Författarna till Vinnova-rapporten (2014a, ss. 46-48) rekommenderar att filtermaterialet bör ha en total sandhalt på strax över 80 % och en lerhalt på strax under 10 %. För att uppnå detta föreslår de en jordblandning med cirka 70 % sand, 15 % växtjord och 15 % organiskt material. Författarna bakom CIRIA-rapporten (2015, ss. 350-352) rekommenderar en blandning som innehåller högst 5 % lera och silt, cirka 20 % finsand, 65 % sand och 10 % fingrus, och med en halt på cirka 3-5 % organiskt material, och ett pH-värde på cirka 5,5–8,5.

För att tillgodose växternas krav behöver filtermaterialet ha ett visst djup. För perenner rekommenderas ett djup på 400 mm, för buskar 600 mm och för träd minst 800 mm (Vinnova, 2014a, ss. 46-48; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12). Under filtermaterialet bör vid behov ett cirka 100 mm tjockt lager av en sandbaserad mineraljord i fraktionen 0,1-1,0 mm läggas ut för att fungera som ett materialavskiljande lager som förhindrar att finpartiklar från växtjorden i filtermaterialet försvinner ned i bädden. Som ett alternativ till detta kan även en konventionell geotextilduk användas. (CIRIA, 2015, ss. 333-335; Vinnova, 2014a, s. 47). Geotextildukar kan dock ge upphov till eventuella igensättningsproblem med tiden, varvid det föregående nämnda alternativet rekommenderas (Fridell, Kent, muntligt). Ovanpå växtbädden bör även ett 50-100 mm tjockt ytlager av barkflis eller grus läggas ut då detta ger en ökad reningseffekt (CIRIA, 2015, ss. 350; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, s. 46). Att täcka den bara jorden minskar också ogrästtillväxten i bädden och reducerar således skötselkostnaderna (Dunnett & Clayden, 2007, s. 149).

Växter för regnbäddar

En avgörande faktor vid utformningen av en väl fungerande regnbädd är ett noggrant och genomtänkt val av vegetation. Växtmaterialet bör väljas såväl utifrån tåligheten för regnbäddens speciella ståndortsmiljö, samt för att bidra med ekologiska värden, men även utifrån att rent estetiskt passa in i det omkringliggande landskapet. (Prince George´s County, 2007, ss. 80-85).

Begreppet ”regnbädd” ska inte misstolkas som ett slags våtmarksplantering. En regnbädd som ståndort tenderar att växla mer eller mindre regelbundet mellan torra och fuktiga förhållanden. Tillflödet av vatten till en regnbädd i urban miljö skiljer sig markant från hur naturliga förhållanden vanligtvis ser ut, med stora skillnader mellan perioder av nederbörd och uppehåll

(Sjöman & Slagstedt, 2015, ss. 287-290; Vinnova, 2014a, ss. 49-50). Regnbäddar brukar dock i de flesta tempererade och kustnära områdena i världen inte vara utsatta för varken längre perioder av extremt torra eller blöta förhållanden tack vare det förhållandevis jämna klimatet. Att finna lämpliga växter för regnbäddar är dock inte så lätt och det kräver en god kunskap och förståelse för växters olika krav och strategier. (Dunnett & Clayden, ss. 169-171). Generellt gäller regeln att växter som naturligt hör hemma i ståndorter som kännetecknas som friska eller till och med något fuktiga tenderar att klara sig bra även i torrare miljöer, i den mån att skötselnivån av exempelvis ogrärensning och stödbevattning vid behov är relativt hög. Däremot har växter som hör hemma i torra ståndorter ofta väldigt svårt att överleva under våtare förhållanden. De växter som lämpar sig bäst för regnbäddar är de som har en intermediär strategi för att klara sig i både torra och tillfälligt blöta förhållanden. Dessa växter återfinns vanligtvis på strandbankarna kring vattendrag som drabbas av återkommande översvämningar, och i områden som utsätts för periodiska skyfall, som exempelvis den nordamerikanska prärien. (ibid.).

Vad gäller grundläggande krav på exempelvis solljus, vind, näring och klimatzon gäller samma förutsättningar för växterna i en regnbädd som för en motsvarande urban plantering. Att välja växter som har en relativt hög salttolerans kan vara lämpligt då salt som används för halkbekämpning av gator och trottoarer i städerna följer med dagvattnet ned i regnbäddarna. (Vinnova, 2014a, ss. 49-50). Det finns ingen generell regel eller definition för vilket sorts växtmaterial som kan användas, utan såväl träd, buskar, lökar, annueller och perenna örter och gräs kan sås eller planteras i en regnbädd (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 139-141). Många sorters lökar klarar sig dock ofta sämre i regnbäddar då den återkommande fuktigheten kan få dem att ruttna. Att utforma regnbäddar som klippta gräsytor är inte heller att rekommendera då detta dels är väldigt skötselkrävande och då de dessutom tenderar att förvandlas till lervälling vid översvämning. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 139-141). Experiment från Portland i USA har dessutom visat att regnbäddar planterade med en blandning av perenna gräs och örter har en avsevärt högre förmåga att fånga upp föroreningar och transpirera dagvatten än klippt gräs, främst tack vare en större och mer varierande blad- och rotvolym (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 106-110). Buskar beskrivs vara mycket användbara för regnbäddar då de erbjuder förhållandevis stora och täta blad- och rotvolym i förhållande till deras utrymmeskrav. Deras täthet bildar också fördelaktigt ett slags barriär för att förhindra att folk trampar i bäddarna. Träd kan med fördel planteras i regnbäddar för att ytterligare förstärka dess förmåga till vattenupptag och rening, samt för att bidra med viktiga estetiska kvalitéer såsom höjd och volym. Hänsyn bör dock tas till att träden får lämpligt med utrymme för sina rötter och att vattentillgången är tillräcklig även under torrperioder. För detta krävs en balansgång i utformningen för att dels tillgängliggöra vattenreserver till träden, samtidigt som dräneringen bör vara tillräcklig för att förhindra att syrebrist uppstår. (CIRIA, ss. 361-365). I jakt på utrymme och vatten kan trädens rötter tränga in i underjordiska ledningar och orsaka problem. Detta kan begränsas genom att se till att träden har tillräckligt med utrymme i sina

bäddar, samt genom att täcka ledningarna med ett lager på 20-30 cm kompakterat förstärkningsgrus. Pionjärträd med kraftig rottillväxt som exempelvis *Salix* och *Populus* bör därför undvikas. (Bodin et al, 2015, s. 197). Om träd planteras i regnbäddar ska de inte förses med ett särskilt bevattningsrör. Trädstöd går bra att använda vid etablering, men när det tas bort är det viktigt att hålen fylls igen med samma filtermaterial som den omkringliggande bädden. (CIRIA, 2015, ss. 352-354).

Vilken typ av avvattningskonstruktion som väljs för regnbädden kan medföra skillnader i hur mycket tillgängligt vatten som finns för vegetationen att tillgå, och således påverka vilka växter som kan användas. Detta i sig behöver dock inte ha en avgörande påverkan på växtvalet, då andra aspekter som exempelvis mängden avrinningsvatten, dimensioneringen av regnbädden i förhållande till avrinningsområdets storlek, hur omfattande sol- och vindexponeringen är, hur djupt filtermaterialet är och vilken jordblandning det består av, även påverkar starkt. (Fridell, Kent, muntligt) Då regnbäddar bör utformas med en slantning av jordytan in mot mitten av anläggningen, för att främja god fördelning av inkommande dagvatten, innebär det även att det kan skapas skillnader mellan ståndortsförhållanden inom större regnbäddar. Det kan således vara bra att därför placera torktåligare växter i de potentiellt torrare zonerna i bäddens kanter och fuktåligare i dess centrala delar. (CIRIA, s. 353; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 169-171). Det är även fördelaktigt för regnbäddens reningseffekt att blanda växter med olika form och djup på rotsystemet då vegetationens sammanlagda upptagningskapacitet på så vis ökar (CIRIA, 2015, ss. 343-344; Vinnova, ss. 49-50). Därför föreslås en utformning med åtminstone tre sorters buskar och tre till fyra sorters perenner för att skapa en fördelaktig variation. Variationen bidrar även till att skapa ett slags gardering mot eventuella sjukdomar, samt att det gör att växtbädden blir mer intressant ur såväl en biologisk som en estetisk synvinkel (CIRIA, 2007, ss. 352-354).

Nordamerikansk vegetation tenderar att dominera växtförslagen för regnbäddar i litteraturen. Dunnett och Clayden (2007, ss. 169-171) menar att detta dels beror på att nordamerikanska växter, framför allt de som härstammar från prärien, ofta besitter de egenskaper som önskas för en regnbädd, samt att de är väldigt populära för sin ståtliga prakt och sena blomning. De tillägger dock att detta även beror på att regnbäddar som koncept är en amerikansk uppfinning, och att perspektivet vid växtval i USA ofta utgår ifrån användandet av den inhemska floran i första hand. De menar vidare att inhemska växter ofta rekommenderas med förevändningarna att de har större chanser att överleva och frodas då de är vana vid det lokala klimatet, och således reducerar kostnader för skötsel och återplantering. Författarna anser dock att det inte finns några belägg för att naturlig inhemsk flora i sig skulle vara bättre eller sämre lämpad att använda än hortikulturella och exotiska växter. De tillägger även att inhemska växter inte alls behöver vara bättre lämpade för det speciella och ofta avvikande klimat som den hårdgjorda staden medför, och den specifika ståndort som regnbäddar erbjuder. I detta fall menar de, är det snarare bättre att söka efter lämpliga växter utifrån ståndortskrav snarare än geografisk härkomst, varvid många

exoter visar sig vara mycket användbara. Även argumentet att inhemska växter skulle vara bättre för den biologiska mångfalden menar de inte nödvändigtvis alltid stämmer då även exoter kan utgöra viktiga inslag i näringskedjan för insekter och djur. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 146-149).

Vid plantering av regnbäddar bör större plantkvalitéer användas då dessa har en bättre chans att överleva etableringstiden (Vinnova, 2014a, ss. 49-50). Växterna bör sättas tätt för att täcka jorden och för att maximera rottätheten i bädden, för att således optimera såväl evapotranspiration som upptagningsförmåga av näringsämnen (CIRIA, ss. 352-354). Perenner och vintergröna växter är lämpligast att plantera på våren, och för lövfällande buskar och träd är sen höstplantering att föredra (Hunt & White, 2001, ss. 1-11). Precis som för en vanlig prydnadsplantering kombineras växterna i regnbäddar med fördel efter hänsyn till deras estetiska värden över säsongerna vad gäller exempelvis form, volym, lövfärg, blomning, fruktsättning och vinterstruktur (CIRIA, 2015, ss. 89-91, 353; Vinnova, 2014a, ss. 49-50). Vissa perenna växter erbjuder ett estetiskt värde även efter att de vissnat i form av torkade stjälkar och frökapslar, varvid de bör klippas ned först efter vintern (Dunnett & Clayden, 2007, s. 149). Höga perenner med en tydlig strukturell form placeras med fördel längst med kanterna för att uppmärksamma förbipasserande på regnbäddens placering så att olycksrisken minimeras (Vinnova, 2014, s. 55).

Dimensionering av regnbäddar

De olika litteraturkällornas rekommendationer för hur stor en regnbädd ska vara i förhållande till dess upptagningsområde skiljer sig något från varandra. Fridell & Jergmo (2015, ss. 4-12) menar att en regnbädd bör vara 2-10 % av avrinningsytan, författarna till Vinnova-rapporten (2014a, s. 52) anser att den bör vara 2-7 %, författarna bakom CIRIA-rapporten (2015, ss. 339-340) rekommenderar den bör vara 2-4 %, och Hunt & White (2001, ss. 1-11) föreslår att den bör vara 3-8 %. Samtliga mått utgår ifrån en imperiabel avrinningsyta. För att underlätta anläggning och skötsel, och för att säkerställa en god funktion, bör en regnbädd utformas så att dess kortaste sida inte understiger 600 mm. Längden bör inte överstiga 40 m, och bredden bör inte överstiga 10 m från närmaste tillgängliga sida. (CIRIA, 2015, ss. 340-341). Den totala minsta storleken för en regnbädd bör helst inte understiga 5 m². (Vinnova, 2014a, s. 52).

Fördröjning av dagvatten

Regnbäddar kan utformas för att kunna omhänderta såväl stora som måttliga mängder nederbörd. De begränsande faktorerna för kapaciteten är storleken på bäddarna och volymen på fördröjningszonen. Som koncept är regnbäddar dock först och främst framtagna för att omhänderta den första flödesmängden vid nederbörd, och de ska då kunna översvämmas temporärt för att fördröja regnvatten som annars skulle riskera att överbelasta det konventionella ledningssystemet (CIRIA, 2015, ss. 339-340; Hunt & White, 2001, ss. 1-11;

Vinnova, 2014a, s. 39). Vid lättare nederbörd hinner dagvattnet som leds till regnbädden vanligtvis infiltrera ned i filtermaterialet i samma takt som det påförs nytt vatten. Vid kraftigare nederbörd blir däremot inflödet betydligt större än filtermaterialets infiltrationsförmåga vilket gör att ytan ovanför växtbädden blir översvämmad. Nederbörd från kraftiga och intensiva regn kan således fördröjas framgångsrikt på detta sätt. Tanken är dock att allt vatten som samlas i fördröjningszonen ska vara bortdränerat inom 12 - 48 timmar för att möjliggöra att regnbädden kan ta emot nya flöden. Detta är även ett krav för att förhindra skador på anläggningen och vegetationen, samt för att förhindra att myggägg som läggs i vattnet ska hinna kläckas och bli till larver. (CIRIA, 2015, ss. 341-343; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 28-29; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 39, 43-50).

Vanligtvis rekommenderas en höjd på fördröjningszonen på cirka 150-300 mm för att klara kraftigare regn (CIRIA, 2105, ss. 333-335; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 43-50). Om regnbädden är dimensionerad för att motsvara ungefär 5 % av avrinningsområdets area behövs i regel inte en djupare fördröjningszon än 300 mm för att klara av cirka 90 % av årsnederbörden i normala svenska förhållanden (Fridell, Kent, muntligt). Den valda volymen på fördröjningszonen måste dock även vara anpassad till anläggningens infiltrationsförmåga, vilket styrs av uppbyggnaden av regnbäddens filtermaterial såväl som platsspecifika förhållanden (Vinnova, 2014a, ss. 43-50).

Det är framförallt de första 10-25 mm nederbörd som faller som regnbäddarna generellt är utformade för att fördröja.. Vid kraftigare flödesmängder än så behöver regnbäddarna istället kunna leda vidare överflödigt dagvatten till det konventionella ledningssystemet (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12), alternativt till en annan länk i en dagvattenkedja. I en studie från North Carolina i USA där man undersökte fördröjningskapaciteten för en regnbädd invid en hårdgjord parkeringsyta som motsvarade ungefär 4 % av avrinningsområdet framgick det att cirka 88 % av dagvattnet blev behandlat i regnbädden och att endast 12 % behövde ledas vidare via bräddningsavloppet. Av det dagvatten som omhändertogs och infiltrerade ned i regnbädden leddes cirka 60 % ut genom det underliggande dräneringsröret, 36 % kunde perkolera vidare ned i markterrassen och 4 % evapotranspirerade via växterna. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12). Det bör dock tillägas att förhållandena i North Carolina vid USA:s östkust kan skilja sig från svenska vad gäller mängd, fördelning och intensitet av nederbörd.

Rening av dagvatten

Det är sedan länge väl känt att vegetation och jord har förmågan att rena förorenat vatten. I såväl naturliga våtmarker som i konstruerade dagvattendammar har detta praktiserats sedan flera decennier för att rena förorenat dagvatten. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-43). I en regnbädd renas dagvatten genom att efterlikna de kemiska, biologiska, fysikaliska och mekaniska processer som

sker i naturen (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-43; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 8-9).

Föroreningar är ofta bundna till små partiklar som färdas med dagvattnet och dessa avlägsnas i regnbäddarna främst genom fysikaliska och mekaniska processer som *sedimentering* och *filtrering*. Sedimenteringen sker när det förorenade dagvattnet rinner in i regnbädden, som då översvämmas, vilket sänker vattnets hastighet. Då vattnet tappar sin fart reduceras energin och dess förmåga att hålla kvar de förorenade partiklarna som tidigare bundits till det snabbflytande dagvattnet. Partiklarna tillåts då att suspendera, det vill säga fallas ut, och samlas på regnbäddens botten. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-43; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 8-9, 41-43). Vegetationen i en regnbädd bidrar till att ytterligare bryta upp dagvattnets hastighet vilket underlättar sedimenteringen. Växternas blad och rötter underlättar även att utfällda partiklar och föroreningar binds till jordbädden. Detta reducerar således riskerna att de ska sköljas iväg vid efterkommande översvämningar, genom så kallad *resuspension*. (Svenskt vatten, 2011, s. 87; Vinnova, 2014a, ss. 8-9, 41-43). Det andra avgörande steget i den fysikaliska reningsprocessen är den filtrering som sker när dagvattnet succesivt infiltrerar ned i växtbäddens filtermaterial. När dagvattnet infiltrerar ned i bädden silas det genom filtermaterialet och förorenade partiklar och sediment fångas då upp och avskiljs från vattnet i olika processer. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-43; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 8-9, 41-43). Kemiska reningsprocesser i en regnbädd sker bland annat genom så kallad *adsorption* vilket förenklat kan beskrivas som att lösgjorda kemiska ämnen i dagvattnet attraheras till och binds på olika laddade partikelytor i filtermaterialet (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-43; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 8-9, 41-43). Bland annat fosfor kan på detta sätt effektivt bindas och avlägsnas från dagvattnen i regnbäddar. Däremot är rening av kväve, så kallad *denitrifikation*, ofta betydligt svårare att uppnå i en regnbädd på grund av det kräver syrefattiga förhållanden. (Vinnova, 2014a, ss. 8-9, 41-43). Detta går dock att förbättra genom att använda en konstruktionstyp med ett slags vattenmättad zon i dräneringslagret, vilket medför att en syrefattig (*anaerob*) miljö bildas. Om dessutom en bio-kolkälla av exempelvis träflis och mull tillsätts till denna zon ökar förutsättningarna för denitrifikation ytterligare. (CIRIA, 2015,ss. 338-339; Vinnova, 2014a, s. 48). Ett potentiellt problem med denna kemiska reningsprocess är att det finns ett ändligt antal laddade partiklar i filtermaterialet som kan ta upp föroreningarna, och på lång sikt finns således risken att adsorptionsförmågan i regnbädden reduceras. Fridell & Jergmo (2015, ss. 1-12) anger att de översta 10-15 cm i filtermaterialet kan behöva ersättas inom en period på 5-30 år beroende på föroreningsbelastningen. Adsorptionsförmågan kan även säkerställas genom regelbunden påfyllnad av kompost till regnbädden. Detta innebär dock att reningsförmågan för en regnbädd således är beroende av en väl fungerande skötsel. (Hunt & White, 2001, ss. 1-11).

Vegetation bidrar till att viktiga bio-kemiska reningsprocesser i regnbäddarna uppnås. Växter tar upp och tillgodogör sig flertalet problematiska närsalter och näringsämnen som dagvattnet för med sig. Vissa snabb- och kraftigväxande växter är dessutom särskilt effektiva på detta. Det finns även vegetation som har förmågan att ta upp vissa tungmetaller. Dessa upptagna ämnen lagras sedan i vegetationen, och det är därför viktigt att all biomassa tas bort från regnbäddarna när växterna vissnar och klipps ned. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-43; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Svenskt vatten, 2005, s. 87; Vinnova, 2014a, ss. 8-9, 41-43). Vegetationen i regnbäddar bidrar även genom att fånga upp förorenade partiklar direkt på sina blad och rötter vilka således avskiljs från dagvattnet. Växternas stammar och rötter bidrar även med att skapa små sprickbildningar och kanaler i jorden under vintern när växtbädden annars riskerar att frysa, och på så sätt tillåts dagvatten att infiltrera ned samt att det viktiga gasutbytet av syre och koldioxid ned i fillermaterialet bibehålls (CIRIA, 2015, ss. 343-344; Svenskt vatten, 2011, s. 87; Vinnova, 2014a, ss. 41-43). Av de tungmetaller som följer med dagvattnet in i regnbädden filtreras cirka 50-80 % bort, varav växterna står för ungefär 2-7 % av denna upptagning (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12). Mikroorganismer i växtjorden bidrar även effektivt till att bryta ned organiskt material och skadliga bakterier (patogener) och kemiska föroreningar (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 40-43; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, ss. 8-9, 41-43). Exponering för solljus och torka ökar även chanserna att de skadliga bakterierna dör då dessa trivs i mörka och våta förhållanden, och på så vis är regnbäddarnas funktion med tillfälliga torkperioder bra i detta hänseende (Hunt & White, 2001, ss. 1-11).

Genomsnittlig reningseffektivitet i biofilter

Förorening (Ämne)	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	Olja	SS *	PAH **	BaP ***
Reningseffekt (%)	60	25	80	60	90	80	25	75	50	60	85	85	85

**Suspenderad substans* (t.ex. partiklar och bakterier).

***Polycykliska aromatiska kolväten* (olika giftiga föreningar som bl.a. förekommer i avgaser från motorfordon).

****Benso[a]pyren* (cancerframkallande ämne som bildas vid förbränning av kolhaltiga bränslen).

Figur 16. Av Wille Helmbold, efter sammanställning av Vinnova (2014, ss. 42-43).

Skötsel och underhåll

Då en regnbädd är både ett slags VA-anläggning och en plantering behöver skötseln av denna således ses ur ett dubbelt perspektiv.

För att säkerställa funktionen för en regnbädd, så den inte riskerar att översvämmas, behöver inloppen, utloppen och bräddningsavloppet med jämna mellanrum inspekteras. Eventuellt skräp och dött växtmaterial måste också avlägsnas regelbundet för att hindra tilltäppning, vilket annars är den överlägset främsta orsaken till att problem uppstår. Efter kraftiga regn är det

även lämpligt att genomföra särskilda kontroller av regnbäddarna. (CIRIA, 2015, 355-357; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, s. 54). Av uppenbara skäl är det betydligt svårare att upptäcka fel i anläggningens underjordiska delar. Nedsatt funktion tar sig dock ofta uttryck i att vatten blir stående längre tid i bäddarna, varvid detta måste uppmärksammas (CIRIA, 2015, ss. 355-357). Överflödigt sediment som tillförts via dagvattnet kan behöva föras bort från regnbädden med jämna mellanrum. Särskilt vid inloppen, där avsättningen är hög, bör rensning ske regelbundet. Förorenade partiklar samlas i stor utsträckning i det översta lagret av filtermaterialet. Det rekommenderas därför att det översta lagret på 50-100 mm av filtermaterialet kan behöva bytas ut redan efter ett par års tid ifall föroreningshalten i dagvattnet är hög. (CIRIA, 2015, s. 357; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, s. 54). Vegetationen i en regnbädd underhålls likt en motsvarande konventionell plantering, vilket innebär en initial etableringsskötsel och periodisk ogrärensning och beskärning. Då växtjorden är mycket genomsläpplig kan viss stödbevattning av regnbäddarna vara nödvändig under varma och torra perioder för att växterna ska överleva. Eftersom vegetationen spelar en avgörande roll för anläggningens syfte och funktion bör dött växtmaterial omedelbart ersättas med nytt. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Prince George’s County, 2007, ss. 130-131; Vinnova, 2014a, s. 54). Författarna bakom CIRIA-rapporten (2015, ss. 355-357) menar dock att regnbäddar generellt behöver mer än dubbelt så mycket skötsel som motsvarande planteringsytor. För att en bra drift ska kunna uppnås är det viktigt att regnbäddarna utformas så att skötselpersonal har god tillgänglighet till anläggningens olika delar Det är även viktigt att tillhörande driftfordon kan komma så nära anläggningen som möjligt vid behov. (ibid.).

Regnbäddar i nordiskt klimat

En stor del av forskningen om regnbäddar utgår ifrån tempererade områden utan långvariga och kalla vintrar (Muthanna et al., 2007, ss. 1640-1649). Då regnbäddar är ett nytt koncept för hållbar dagvattenhantering i Sverige finns det än så länge begränsad kunskap om hur de fungerar i vårt nordiska vinterklimat (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12).

Regnbäddars förmåga att även vintertid kunna omhänderta och rena dagvatten är en avgörande faktor för deras användningsförmåga i ett nordiskt klimat (Muthanna et al., 2007, ss. 1640-1649) likt Sveriges. För att förhindra att infiltrationsförmågan i en regnbädd reduceras under vintern, på grund av att filtermaterialet fryser och porerna då täpps till, så kan de utformas med en grövre materialsammansättning. Det resulterar sannolikt i att det finns luftfyllda porer kvar även vid frost, genom vilka dagvatten kan infiltrera. Ett grövre fillermaterial medför dock att dagvattnet rinner fortare igenom regnbädden, vilket kan leda till en försämrad reningseffekt. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 8-9). Enligt en norsk studie som utgick ifrån två mindre regnbäddar i Trondheim uppvisades ingen större skillnad mellan fördröjningskapaciteten av dagvatten under perioder med temperaturer

under fryspunkten (Muthanna et al., 2007, ss. 1640-1649). Inte heller reningen av tungmetaller och partiklar bedöms påverkas i någon högre grad av de kalla vinterklimatet (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 8-9), eller av att regnbädden får motta snö och smältvatten som kan innehålla vägsalt (CIRIA, 2015, ss. 343-344). Däremot försämrats upptagningen av fosfor och kväve under lägre temperaturer (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 8-9).

Enligt författarna bakom Vinnova-rapporten (2014a, ss. 8-9) behövs det mer forskning kring vilka växter som passar för regnbäddar i svenska förhållanden. De menar även att det behövs vidare undersökningar huruvida regnbäddar klarar av att hantera den ökade mängden salt och tungmetaller som förekommer i dagvatten vintertid på grund av användningen av vägsalt och dubbdäck. Även om det inte framgick i de källor jag undersökt är det dock viktigt att poängtera att skillnaderna på klimatet inom Sverige och Norden är väldigt stort. Således är det mycket troligt att förutsättningarna för regnbäddar i Kristianstad vid Skånes östersjökust skiljer sig ifrån de i Norrlands inland.

Regnbäddar i nybyggda kontra befintliga kontexter

Att planera och utforma hållbara dagvattenlösningar i ett befintlig respektive ett nybyggt område kan skilja sig påtagligt från varandra, och regnbäddar är inget undantag för detta. Vid implementering av regnbäddar i befintliga byggda miljöer, så kallad *retrofitting*, behöver stor hänsyn tas till en rad platsspecifika förutsättningar. Detta kan göra det betydligt krångligare att anlägga regnbäddar i en befintlig än i en nybyggd kontext. (CIRIA, 2015, ss. 164-165). Nybyggnationen utgör dock endast en mycket liten del av den totala infrastrukturen vilket gör att värdet av att anlägga regnbäddar även i befintliga miljöer inte bör underskattas, då det kan medföra påtaglig förbättring av dagvattenhanteringen i dessa områden (ibid.). Särskilt om detta samtidigt medför långsiktiga ekonomiska vinster, såväl som att det skänker viktiga mervärden för invånarna i form av estetiska kvalitéer och biologiska värden (Ashley et al, 2011, ss. 1-8). Dagvattenhanteringen i många befintliga områden består dessutom ofta av gamla ledningar som är utsatta för hög belastning (ibid.).

Tack vare att regnbäddar är mycket flexibla vad gäller storlek och form är det generellt möjligt och även kostnadseffektivt att anlägga dem i befintliga miljöer som i till exempel trånga gaturum. Detta kan med fördel ske genom att regnbäddar utformas multifunktionellt, exempelvis som säkerhetszoner mellan fordon- och gångtrafik, eller som förskjutningsklackar i körbanan. (CIRIA, 2015, ss. 340-341). Vad som styr möjligheterna är, förutom generella konstruktionskrav som nämnts tidigare i uppsatsen, de platsspecifika förutsättningarna som den befintliga miljön erbjuder. Detta kan exempelvis röra utrymme, såväl ovan som under jord, samt hur den befintliga dagvattenhanteringen är utformad och hur väl denna går att förena med regnbäddarna. (CIRIA, 2015, ss. 164-165). Anläggandet av regnbäddar på befintliga grönytor är generellt betydligt

enklare och mindre kostsamma att utföra än i motsvarande hårdgjorda miljöer. (ibid.). Att anlägga regnbäddar i befintliga gaturum kan innebära att stora och komplicerade ingrep behöver utföras. En särskilt betydande skillnad i jämförelse med vid nybyggnation är att vid retrofitting måste såväl det nya hållbara dagvattensystemet bekostas, samtidigt som det gamla konventionella måste tas ur bruk, vilket även det kostar stora summor. Således bör av praktiska och kostnadsmässiga skäl regnbäddar endast anläggas i befintliga gaturum om omfattande renoveringar av gatan eller dagvattennätverket redan är planerade (Ashley et al, 2011, ss. 1-8); CIRIA, 2015, ss. 151-152, 164-165). Innan utformningen av regnbäddar i befintliga miljöer kan påbörjas behöver en noggrann undersökning av platsens förutsättningar för dagvattenhantering och en kontroll av den befintliga infrastrukturen i marken att utföras. Placeringen och utformningen av regnbäddarna behöver också vid behov anpassas till specifika lutningar i omgivningen och till kopplingar till befintliga dagvattenledningar. Det är även viktigt att överväga om befintliga kantstöd, dagvattenbrunnar och ledningar kan behållas och inkorporeras med regnbäddarna, eller om dessa behöver tas bort. (CIRIA, 2015, ss. 151-152; 164-165).

Alternativa eller kompletterande dagvattenlösningar till regnbäddar

Som tidigare nämnts kan hållbar dagvattenhantering liknas vid en kedja där olika dagvattenlösningar fungerar som sammankopplade länkar. En regnbädd kan ses just som en sådan länk. För att fungera optimalt kan kompletterande lösningar adderas för att ytterligare utöka kapaciteten och effektiviteten att omhänderta dagvatten vid kraftig nederbörd. Lösningarna som beskrivs här är sådana som vid rätta förutsättningar skulle kunna vara möjliga att implementera på allmän platsmark i ett stadsmässigt gaturum, likt Vasagatan i Kristianstad.

Genomsläppliga beläggningar är ett samlingsnamn för ett slags hårdgjorda ytor, som till skillnad från konventionella markbeläggningar, släpper igenom vatten och således möjliggör infiltration (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 103-105). Dessa ytor kan utformas på en mängd olika sätt efter behov och önskemål. Vanligtvis förses de med en mer genomsläpplig överbyggnad av krossmaterial i en grövre fraktion vilket tillåter vattnet som rinner igenom markytan att lättare perkolera ned i terrassen (Stahre, 2004, ss. 28-29, 40-41). Själva markbeläggningen på dessa ytor kan utgöras av en mängd olika materiallösningar. Den vanligaste av dessa är att använda sig av ett poröst markmaterial som exempelvis grus eller stenmjöl, eller att använda marksten med håligheter i eller med särskilt breda fogar (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 103-105, Vinnova, 2014a, ss. 17-18).

Tillfälliga översvåmningsytor, eller *sekundära vattenvägar* som det även kallas, kan temporärt användas som en nödlösningstrategi för att vid mycket kraftig nederbörd ta emot överflödigt dagvatten som annars skulle riskera att orsaka skador på värdefull infrastruktur. (Boverket, 2007, ss. 42-44; Stahre, 2004, ss. 42-45). Genom användning av reglerbar vattenledning, i samverkan

med en noggrant planerad höjdsättning, kan överflödigt dagvatten ledas till särskilda ofta nedsänkta ytor tänkta att kunna ta emot stora mängder vatten vid behov. Dessa ytor kan vara såväl hårdgjorda som infiltrerbara och vegetationsklädda. I den täta staden kan de exempelvis utgöras av parkeringsplatser, parker, lekplatser, sportplaner och torgytor. Det är dock mycket viktigt att dagvattnet kan dräneras bort eller avledas när nödsituationen är över. (Boverket, 2007, ss. 42-44; Stahre, 2004, ss. 42-45; Svenskt vatten, 2005, ss. 80-81).

Skelettjord (eng. *structural soil*) är ett slags växtbädd som används för att kunna plantera träd i hårdgjorda miljöer där de annars skulle ha mycket liten chans att överleva. Lösningen bygger på en kompromiss där trädet ges viss tillgång till utrymme och växtjord, samtidigt som den ovanliggande ytan kan göras bärande för såväl gång-, cykel eller fordonstrafiktrafik. Skelettjordsbäddar kan även utformas för att användas som ett slags regnbäddar (biofilter) i hårdgjorda miljöer för att fördröja, transpirera och rena dagvatten. Dagvattnet tillåts infiltrera ned i den genomsläppliga växtbädden, och fördröjning av vatten sker skelettjordens hålrum. I exempelvis gatumiljöer kan dagvatten från trottoarer och körbanor ledas ned i skelettjordsbäddar via brunnar och genom ett luftigt bärlager för att sedan tas upp av träden eller perkolera ned i marken. (CIRIA, 2015, ss. 364-366).

Ekologiska och sociala mervärden av regnbäddar

Bortsett från fördröjning och rening av dagvatten kan införande av regnbäddar i stadsmiljö även bidra till en rad andra viktiga ekosystemtjänster och skänka såväl ekologiska som sociala mervärden. (CIRIA, 2015, ss. 67-68; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 15-17).

Trots att stadens grönska tidigare ofta betraktats som någonting enbart estetiskt värdefullt, kan den också vara väldigt ekologiskt betydelsefull. Även småskaliga och förhållandevis konstruerade gröna element, som exempelvis stadsträd och regnbäddar, kan föra med sig många nyttiga och påtagliga ekosystemtjänster. (Wolf, 2010, ss. 45-49). Även om vissa av dessa gröna element i sig är väldigt små, så kan det sammanlagda värdet av de ekosystemtjänster de ger upphov till, sett till en hel stad, ändå bli mycket omfattande och betydelsefulla. (ibid.). Alla typer av hållbara dagvattenlösningar som innebär att hårdgjorda ytor eller monokulturella bruksgräsmattor ersätts med mer dynamiska planteringar har ett positivt värde för att främja biologisk mångfald genom att erbjuda föda och habitat för bland annat ryggradslösa djur, pollinerande insekter och fåglar (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 15-17). Klippta gräsmattor, som har en relativt låg inverkan på biologisk mångfald, utgör vanligtvis en ganska hög andel av städernas totala yta, och ofta en mycket hög andel av dess sammanlagda grönstruktur. Samtidigt utgörs generellt mindre än en fjärdedel av städers grönytor av dynamiska planteringar innehållande blommande perenner, buskar eller träd. Städernas grönstruktur utgörs således idag till en mycket låg grad av grönska som påtagligt gynnar den biologiska mångfalden. Ett ökat inslag

av träd, buskar och perenner i urbana miljöer skulle däremot kunna medföra en påtaglig ökning av ekologiska värden. (Wallin, 2002, ss. 50-53). Om planteringarna ifråga dessutom har en hög grad av variation och artrikedom är detta av än större ekologiskt värde för exempelvis insekter och fåglar. Regnbäddar, som ofta utgörs av en blandning av blommande perenner och gräs, tillsammans med spridda buskar eller till och med träd, kan således utgöra en idealisk miljö för främjande av biologisk mångfald i urbana landskap. (Dunnett & Clayden, 2007, ss. 15-17).

Sveriges klimat kommer troligen att bli varmare framöver och fler intensiva värmeböljor kommer sannolikt att inträffa. Detta är ett potentiellt hot som i värsta fall kan leda till att fler människor, framför allt sårbara samhällsgrupper som äldre och sjuka, dör på grund av värmen. Det faktum att städernas klimat generellt är varmare än det omkringliggande landskapets orsakas av att hårdgjorda ytor alstrar solvärme, men även utav spillvärme. Denna effekt benämns vanligtvis som *urbana värme-ö-effekten* (eng. *urban heat island effect*). Vegetation av all form bidrar till att stabilisera stadens klimat genom beskuggning och genom transpiration. Stora gatuträd kan exempelvis genom beskuggning, och genom att kunna transpirera upp till 450 liter vatten per dag, påtagligt öka luftfuktigheten och reducera värme. Vegetation bidrar även med att rena luften och på så vis reducera astma- och allergirelaterade sjukdomsfall. Mest partiklar tar stora etablerade lövträd upp, men samtidigt kan exempelvis städsegröna buskar och träd ta upp föroreningar även vintertid, då partikelhalterna i luften är som högst på grund av användandet av dubbdäck. (Boverket, 2007, ss. 27-33; CIRIA, ss. 67-68).

Kathleen Wolf (2010, ss. 45-49), landskapsarkitekt och forskare på University of Washington i USA, menar att vad hon benämner som ”stadsmässig natur” (eng. ”metro nature”) är något som i mycket hög grad bidrar med sociala värden för invånarna, om än så omedvetet. Med stadsmässig natur syftar hon till den grönska som finns inom den tätbebyggda staden och som människor kommer i kontakt med i sin vardag. Som exempel på detta nämner hon såväl större grönytor som parker och naturlika planteringar, men även mindre gröna element så som regnbäddar och stadsträd i gatulandskapet. Forskning visar att tillgång till stadsmässig grönska i vardagen för med sig påtagliga psykologiska och sociala vinster för städernas invånare. Även passiva upplevelser, som att betrakta grönska från sitt fönster, har visat sig kunna mildra stress och öka välbefinnande. Gröna gatumiljöer innehållande träd, busk och perennplanteringar har även visat sig påverka människors benägenhet att gå ut och motionera mera (CIRIA, 2015, ss. 67-68; Wolf, 2010, ss. 45-49), vilket i sin tur troligtvis innebär stora hälsomässiga vinster för samhället. Genom sitt visuella intryck i stadslandskapet menar vissa forskare att öppna dagvattenlösningar så som regnbäddar även kan bidra till att stärka folks medvetenhet om nyttan av hållbar dagvattenhantering och stadsmässig natur, och därmed även kunna förstärka deras uppskattning för och benägenhet till ett mer ekologiskt och hållbart leverne (CIRIA, 2015, ss. 77-78). Sarah Church (2015, ss. 229-239) stadsplanerare och forskare vid Purdue University

i Indiana i USA, menar dock att situationen är mer komplicerad än så. I en studie från staden Portland i USA undersökte hon hur invånarnas syn på de så kallade "Green streets" såg ut. Green streets beskrivs som ett koncept där man i Portland arbetat med att inkorporera hållbar dagvattenhantering, i form av regnbäddar, i gatulandskapet. De flesta som deltog i studien menade att regnbäddar bidrog till rekreativa och estetiska värden. Däremot menade de flesta att de inte ansåg att de hade särskilt högt "naturvärde". Undersökningen visade dock att det fanns ett potentiellt pedagogiska värde av regnbäddarna, men att endast betrakta dem inte ensamt skapade detta, utan att det behövde förstärkas genom informativa skyltar och annan form av aktiv upplysning för att effektivt nå ut till stadens invånare. Negativa åsikter som lyftes fram angående regnbäddarna berörde främst säkerhetsaspekter och nedskräpning, samt deras konkurrens med och direkta inverkan på reduceringen av antalet parkeringsplatser längst med gatorna.



Figur 17. Engagerade medborgare som deltar i planeringen av en regnbädd. London, Storbritannien. Foto: Susdrain.



t.h. Figur 18. Informationsskyltar som vänder sig till allmänheten kan förstärka de pedagogiska mervärdena av regnbäddar. London, Storbritannien. Foto: Susdrain.

Boverket (2007, ss. 27-33) bedömer att det finns stora samhällsekonomiska vinster att göra genom att ställa om till en grönare stadsplanering. Som en del av detta menar de att det kommer att behöva planteras mer träd, buskar och annan vegetation i städernas gaturum. Eftersom konkurrensen om tillgängliga utrymmen i städerna oftast är mycket hög, krävs det dock en bra planeringstrategi för att kunna kombinera grönytor och planteringar med andra viktiga användningsområden, för att på så vis kunna argumentera för och rättfärdiga kostnaderna för anläggandet och skötseln av dessa, så att staden kan dra nytta av de ekosystemtjänster de kan skapa. (Boverket, 2007, ss. 27-33; Bolund & Hunhammar, 1999, ss. 293-300). Genom sin flexibilitet kan regnbäddar utformas med stor variation för att kunna passa in i olika kontexter, och designas för att stödja olika sorters ekosystemtjänster. Regnbäddar i en stadsmässig kontext kan ges en noggrann och platsspecifik design för att främja dess estetiska, pedagogiska eller rekreativa värde. De kan även utformas med beskuggande träd eller avskärmande buskar. Designen, inte minst vad gäller växtvalet, kan samtidigt utformas specifikt för att främja särskilda arter av pollinerande insekter och fåglar, och på så vis skänka viktiga ekologiska värden. (CIRIA, ss. 67-68, 340, 345).

Utformning av gatumiljöer

Planeringen och utformningen av trafikmiljöer och gaturum kräver att flertalet viktiga aspekter övervägs. Vid anläggande av olika hållbara dagvattenanläggningar, som exempelvis regnbäddar, i gatumiljöer är det således viktigt att betänka helheten i utformningen för att kunna optimera såväl dagvattenhanteringen, som trafiksäkerheten och framkomligheten, samt att interagera viktiga estetiska, ekologiska och rekreativa perspektiv.

Enligt rapporten *Vägar- och gators utformning: sektion tätort - gaturum* (VGU) (2004, s. 5) kännetecknas ett gaturum generellt av en stadsmässig miljö där väg- och gångbana är placerade tätt intill varandra och bebyggelsen. Byggnaderna i dessa stadsmässiga gaturum är ofta placerade direkt intill varandra så att fasaderna bildar en rak och sammanhängande linje, vilket gör att det bildas ett tydligt och avgränsat rum. Huvudelementen i ett sådant gaturum utgörs vanligtvis av trottoarer för gångtrafik längst med fasaderna, vilka avgränsas med kantstöd från en nedsänkt väg bana för fordonstrafik i mitten av rummet.

Principen för dagvattenhantering i gatumiljöer är traditionellt att leda bort vattnen från byggnaderna och vägbanan genom anpassad lutning, och därefter via gatans kantstöd till brunnar som för bort det i underjordiska ledningar. Enligt VGU bör dock olika hållbara dagvattenlösningar istället användas som alternativ till den traditionella metoden, i största möjliga mån. Vid användning av öppen dagvattenhantering i gatumiljö bör stor vikt läggas vid på det estetiska perspektivet, då detta inte bara medför funktionella förtjänster utan även kan vara en viktig tillgång utifrån rekreativa och pedagogiska aspekter, då vattnets kretslopp synliggörs och skapar en medvetenhet om detta. En stor nackdel med öppen dagvattenhantering i gatumiljöer, som rapporten tar upp, är att de ofta

tar upp mycket utrymme. (Vägverket, 2004, s. 18; Trafikverket, 2015, s. 52).

Gaturummets gestaltning och karaktär präglas till stor del av vilken typ av trafik och rörelse den är utformad för att gynna. En gata som stödjer god framkomlighet och hög hastighet för fordonstrafiken är utformad med breda körbanor och tydlig uppdelning mellan gående, cyklister och motorfordon. Motsatsen till detta är en så kallad *mjuktrafiklösning*, som vanligtvis benämns med den engelska termen *shared space*. Denna utformning bygger istället på att främja en lugn och långsam rörelse där de olika trafikslagen delar på utrymmet. Trafikregleringen *gångfartsområde* (tidigare *gågata*) är ett exempel på en sådan mjuktrafiklösning som innefattar att bilar och cyklar endast från framföras på de gåendes villkor (Bodin et al, 2015, s. 176). Detta innebär bland annat att fordon inte får köra i en högre hastighet än den som gångtrafikanterna har, samt att de har väjningsplikt mot de gående. Motorfordon får i ett gångfartsområde inte heller parkeras på annan plats än särskilt anordnade platser. (Transportstyrelsen, o.å.). Oftast är gaturummet i ett gångfartsområde gestaltat med särskild hänsyn till dessa regler för att ytterligare förstärka karaktären av låg hastighet och delat utrymme. Exempel på sådana gestaltungs lösningar kan vara ett tydligt avvikande och fartreducerande markmaterial, samt hastighetsdämpande inslag av vegetation. (ibid.).

Gaturummet bör även gestaltas och möbleras för att passa in i omgivningens kontext. (Vägverket, 2004, s. 47-49, 75). För gatumiljöer som är utformade för låga hastigheter finns inga särskilda krav på säkerhetszon mellan körbanan och föremål som exempelvis fundament och gatuträd. Rekommendationen är dock att gestalta gaturummet med viss hänsyn till detta. (Vägverket, 2004, ss. 63-64). I ett brett gaturum kan vegetation med fördel användas för att dela upp rummet i flera mer intima delar. För detta kan buskage, perennplanteringar och gatuträd användas. Val av trädsort bör dock noga anpassas efter tillgången på utrymme, såväl ovan som under marken. Små- till medelstora och smalkroniga träd rekommenderas därför ofta för gaturum i urbana miljöer. Gatuträd bör heller inte placeras närmre husfasaden än 2,5-3 m (om smalkroniga trädsorter). Busk- och perennplanteringar kan dock placeras nära intill fasaderna. (Vägverket, 2004, ss. 75-77). I trånga gaturum finns det en risk för påkörning och plogskador på exempelvis kantstöd och fundament i marken. En tydlig utmärkning av dessa kan förhindra risken för detta. (Trafikverket, 2015, s. 70).

Materialvalet har även en stor påverkan på det estetiska upplevelsevärdet av gaturummet. Val av markbeläggning och utrustning kan göras för att knyta an till den arkitektoniska kontexten så att gaturummet upplevs som en väl gestaltad helhet. Upplevelsen av färger och detaljer påverkas i hög grad av den hastighet gatumiljön utformas för. I en gatumiljö med låg hastighet där gångtrafiken är i fokus bör således mer fokus läggas vid en detaljrik utformning. (Vägverket, 2004, ss.79-80). För att säkerhetsställa god framkomlighet även för rörelsehindrade bör markbeläggningen på gångbanorna vara slät och kanter bör tydligt kontrastera mot den huvudsakliga beläggningen färgmässigt och taktilt för synskadades säkerhet. (Bodin et al, 2015, s. 186;

Vägverket, 2004, ss.79-80, Trafikverket, 2015, s. 53). En återhållsam inställning till bilparkering rekommenderas i urbana gatumiljöer, då det generellt reducerar framkomligheten samt förtar gaturummets estetiska kvalitéer. Boende- och arbetsparkering bör således i så hög mån som möjligt anordnas på andra sätt om platsen tillåter detta. (Vägverket, 2004, ss.101-102).

Tänkbara problem och nackdelar med regnbäddar

Detta avsnitt är tänkt att redogöra för potentiella problem och nackdelar med hållbar dagvattenhantering i allmänhet, och med ett särskilt fokus på regnbäddar i urban gatumiljö. För att förhindra oönskad upprepning så kommer främst ny fakta att beröras här, vilket innebär att problem och nackdelar som tagits upp under föregående kapitel inte kommer att beröras ytterligare här. En mer sammanfattande diskussion kommer dock att föras i arbetes avslutningsdel, där även potentiella problem och nackdelar som framkommit i referensstudien och i gestaltungsförslaget kommer att diskuteras.

Hållbar dagvattenhantering kräver generellt en hel del plats, vilket av uppenbara skäl kan leda till eventuella konflikter med en rad andra konkurrerande intressen om stadens begränsade utrymmen (Lönngren, 2001, ss. 19-21). De flesta hållbara dagvattenlösningar kräver inte bara utrymme av själva markytan, utan även att en underjordisk volym tas i anspråk. Utrymmet under markytan i gatumiljöer är ofta mycket begränsat på grund av de komplexa system av ledningar som återfinns i marken. Detta kan vara ett stort problem för främst träd, vars rotsystem kräver ett stort utrymme. (Sjöman & Slagstedt, 2015, ss. 310-313). Vid utformning av regnbäddar i gatumiljö krävs att ett visst utrymme av avrinningsområdet tas i anspråk. Denna yta tas antingen av körbanan eller trottoaren (Vinnova, 2014a, ss. 9-10, 39-41), vilket gör att det krävs att gaturummen är tillräckligt breda för att undvika att en konflikt om utrymmet uppstår med gång-, cykel- eller fordonstrafiken, eller med parkeringsplatser och övrig möblering av gaturummet. Om regnbäddar placeras jämte längsgående parkeringar bör även ett särskilt utrymme, en så kallad tillträdeszon (eng. parking egress) utformas. (Philadelphia Water Department et al., 2014, ss. 24-27). Stora delar av Sverige har även ett vinterklimat som kräver att det finns gott om utrymme för plogning och snöupplag i gatumiljöer (Vägverket, 2004, ss. 71-72), vilket ytterligare är en aspekt som bör tas med i beräkning vid implementering av regnbäddar. Om regnbäddarna är uppbyggda med kanter finns även en tänkbar risk att det uppstår plogskador på dessa i samband med snöröjningen (Vägverket, 2015, s. 70). Ett annat möjligt problem i ett vinterklimat är att vägsalt förs med dagvattnet ned i bäddarna. Salt är väldigt problematiskt för konventionella växtbäddar, som i hög grad består av lerjord, då det gör att aggregaten i jorden kollapsar. För regnbäddar däremot, som består av sanddominerad och väldigt genomsläpplig jord, är detta generellt inte ett lika stort problem, då saltet istället rinner vidare ned genom bädden med dagvattnet. (Fridell, Kent, föreläsning, 2016-02-11).

Hållbara dagvattenlösningar som bygger på större ansamlingar (djup) av permanent stående vatten, exempelvis dammar och kanaler, utgör av naturliga skäl en potentiell säkerhetsrisk för drunkningsolyckor, inte minst för små barn. Ett annat problem med stående vatten är att det kan utgöra en källa för sjukdomar och sanitär olägenhet. Det finns även en potentiell risk för att myggor skulle kunna kläckas om vatten är stående längre än 48 timmar. (Dunnett & Clayden, ss. 25-29). Regnbäddar är dock endast ämnade för att temporärt hålla förhållandevis små mängder vatten under ytterst begränsade perioder (CIRIA, 2015, ss.333-341) och bör således egentligen varken ses som en säkerhetsrisk eller en källa för sanitär olägenhet ur denna aspekt.

Vissa forskare (Chocat et al. (2007, ss. 275-285) menar att småskaliga och hållbara dagvattenlösningar generellt får en oproportionerligt stor genomslagskraft i dagens hållbarhetsdebatt och samhällsbyggande, då de ofta är väldigt estetiskt tilltalande samt att de sammanfaller med den rådande tidsandans ekologiska ideal. Detta menar de kan vara problematiskt då hållbara dagvattenlösningar i slutändan inte nödvändigtvis behöver vara mer hållbara än de konventionella lösningarna bara för att de bygger på ekologiska principer. De förklarar att flertalet av de nya hållbara dagvattenlösningarna, som exempelvis regnbäddar, är förhållandevis obeprövade och det är idag svårt att avgöra vilka effekter de kommer att medföra i ett längre tidsperspektiv. En tänkbar risk med att använda småskaliga lösningar för att omhänderta och rena dagvatten lokalt genom filtrering och kvarhållande av föroreningar är att det än så länge är svårt att avgöra de kumulativa och långsiktiga effekterna av att dessa föroreningar finns utspridda i urbana miljöer. (ibid.). En annan mer direkt risksituation med att använda regnbäddar i gatumiljö är exempelvis om en fordonsolycka skulle leda till att stora mängder flytande föroreningar plötsligt släpptes ut, vilka då skulle ledas direkt till anläggningarna och riskera omfattande skador på filtermaterialet och vegetationen, samt även medföra ett omfattande läckage av gifter ut i omkringliggande mark och vattendrag (Vinnova, 2014a, s. 54).

Det finns även potentiella problem med att använda olika hållbara dagvattenlösningar då kommunerna kan se anläggandet av dessa som ett sätt att befria sig från de dyra driftkostnader som de konventionella dagvattenlösningarna kräver. (Chocat et al., 2007, ss. 275-285). Stahre (2004, ss. 74-78) betonar därför vikten av att VA-förvaltningen och Park-förvaltningen redan i ett planeringsskede bör utvecklas ett avtal för vem som är ansvarig för vilka kostnader och vilken drift som ska ske av anläggningarna i fråga.

Ett annat presumtivt problem är att regnbäddar än så länge är ett väldigt nytt koncept i Sverige, och det saknas därför generellt kunskap hos de som anlägger och sköter driften av regnbäddarna. Detta medför att det lätt uppstår konstruktionsfel och att skötseln blir undermålig. (Fridell, Kent, föreläsning, 2016-02-11).



t.v. Figur 19. En potentiell nackdel med regnbäddar är att de genom sin nedsänkta konstruktion och placering i gaturummet lätt blir en ansamlingsplats för skräp. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 20. Regnbäddar är av naturliga skäl ofta inte lika estetiskt tilltalande under vinterhalvåret.

Foto: Wille Helmbold.

Studie av referensprojekt

Jag har som en del i examensarbetet undersökt fyra stycken befintliga referensanläggningar närmare för att få ytterligare kunskaper om regnbäddar och för att få inspiration till mitt gestaltungsförslag. Jag har valt ut dessa fyra referensexempel för att jag anser att de är relevanta för just de förhållanden som gäller för Vasagatan samt att jag anser att de är väldigt välgjorda och estetiskt tilltalande. Samtliga exempel bygger på så kallad retrofitting av regnbäddar i en befintlig kontext, och samtliga är anlagda i urban gatumiljö. Som tidigare nämnt finns det än så länge väldigt få färdigställda referensexempel i Sverige, och valet av dessa två blev således ganska självklart. För att få mer kunskap om dessa projekt gjorde jag två platsstudier där jag tog reda på så mycket jag kunde genom att mäta, fotografera och studera material- och växtval. Regnbäddarna i Tyresö är ett av de första exemplen från Sverige, vilket gör att det finns viss tillgänglig litteratur som berör dem, vilken jag kunde använda som komplement till min platsstudie. Regnbäddarna i Malmö är däremot nyare, och de är än så länge inte fullt lika utvärderade och dokumenterade. För att få mer information genomförde jag därför intervjuer med landskapsarkitekter från Gatukontoret i Malmö stad. De två utländska referensexemplen fick jag information om via litteraturen jag använt i min uppsatts. Exemplet från Portland hade jag stött på vid flera tillfällen i litteraturstudien, och anläggningen är även internationellt välkänt då den fått mycket uppmärksamhet och flertalet prestigefyllda utmärkelser.

Monbijougatan

Plats: Monbijougatan, Malmö stad.

Datum för besöket: 2016-03-08.

Utformning: Tyréns & Gatukontoret Malmö stad.

På Monbijougatan i centrala Malmö har staden anlagt fyra stycken regnbäddar i samband med uppförandet av det intilliggande bostadskvarteret Oket. Enligt Karin Sjölin, Landskapsarkitekt på Gatukontoret i Malmö stad (muntligt, 2016-03-23), är regnbäddarna utformade för att omhänderta dagvatten från gatan som en del av en omställning till en mer långsiktigt hållbar dagvattenhantering i staden. Ett av syftena med anläggningen var att staden vill testa att utforma regnbäddar i ett befintligt område, eftersom detta ställer andra krav än för nybyggda projekt. Monbijougatan sågs som en lämplig plats för att pröva detta då gaturummet är brett samt att det inte förekom lika stor ledningsproblematik under marken här som i andra delar av centrala Malmö. Staden såg även anläggandet av regnbäddarna som en möjlighet att smalna av gatan och på så vis begränsa trafiken, samt för att få in mer grönska i den hårdgjorda staden. Dessa aspekter sågs som särskilt viktiga då regnbäddarna ligger alldeles intill en skola och i anslutning till Folkets park.

Regnbäddarna är utförda i curb-extension modell och de tar upp en stor del av gatan. Detta medför att det inte finns utrymme för parkering längst denna del av gatan, något som staden dock inte såg som ett problem i detta fall. Till ytan är regnbäddarna mycket stora. Den största bädden är cirka 45 m lång och 5,5 m bred. De är utformade med mjukt avrundade hörn för att underlätta för



Figur 21-22. Regnbäddarna på Monbijougatan i full grönska under sensommaren. Foto: Karin Sjölin.



trafiken. Anledningen till deras omfattande storlek (uppskattningsvis 30-35 % av avrinningsområdet) beror på att de ursprungligen var tänkta att även ta emot dagvatten från de närliggande hustaken. Detta kom dock aldrig att ske på grund av att Gatukontoret kom in först i ett senare skede av projektet. Regnbäddarnas utfördes trots det i denna storlek, även om de är kraftigt överdimensionerade, främst på grund av de trafikmässiga och estetiska fördelarna som tidigare nämdes. (Sjölin, Karin, muntligt, 2016-03-23; Svensson, Magnus, muntligt, 2016-03-08). Regnbäddarna är kringgärdade av en 15 cm bred stödmur i granit, med en visning mot gatan på cirka 8-10 cm, och mot trottoaren på cirka 4-5 cm. Bäddens djup (sett från kantens topp) varierar enligt egen mätning mellan cirka 5-18 cm. Minsta översvämningsdjup (födröjningszon) är dock enligt projekteringsritningarna satt till 10 cm. Kanterna är lägre ut mot gatan, vilket medför att vatten vid översvämning i första hand leds bort från byggnaderna. Avståndet mellan byggnaderna intill och regnbäddarna är generellt cirka 270–300 cm. Dagvatten leds in i regnbäddarna via inlopp som konstruerats genom att skapa öppningar (släpp) i kanten. Inloppen mot gatan är 50 cm breda, och mot trottoaren är de cirka 135 cm breda. Inloppen från gata och trottoar är placerade om lott för att främja en jämn fördelning av dagvattnet över bädden. Antalet inlopp varierar mellan de olika bäddarna. Den största bädden har exempelvis tre stycken inlopp mot trottoaren och två mot gatan, medan den minsta har ett mot gatan och ett stort mot trottoaren (cirka 245 cm). Karin Sjölin (muntligt, 2016-03-23) nämnde att ett problem som uppstått är att en hel del dagvatten rinner förbi inloppen. Detta menar hon kunde ha förhindrats genom att inloppen utformats med en vinkling av kantsödet in mot bädden (likt ett slags fälla) samt med en mer tilltagen lutning vid inloppet. Enligt ritningen specificeras denna lutning till 0-15 %, och enligt min egen uppskattning var utfallet maximalt 2-3 %. Som erosionsskydd har man använt gatstenar i tre till fyra rader som placerats under inloppen. Endast en av regnbäddarna är utformad med ett synligt bräddningsavlopp. Regnbäddarna har ett totaldjup på 115 cm, varav 40-50 cm består av filtermaterialet och resterande av mineraljord och dräneringsgrus i olika fraktioner. Filtermaterialet i två av regnbäddarna består av en sandhaltig AMA b-jord. De två andra är däremot konstruerade med en jordblandning med pimpsten. Anledningen till detta är att staden vill undersöka vilket filtermaterial som bäst lämpar sig för Malmös förutsättningar och behov. En utvärdering av detta har dock inte kunnat göras ännu. (ibid.). Vid tidpunkten för mitt besök var det inte heller möjligt att se om detta medfört någon skillnad för vegetationen i de respektive bäddarna. Regnbäddarna är planterade med en variation av olika perenner och träd. Vegetationen som använts är särskilt anpassad för att tåla den unika ståndort som regnbäddarna erbjuder med fluktuerande torka och översvämning. Träden, som är placerade i grupper om två till tre utgörs av tre arter, Praktkatalpa (*Catalpa speciosa*) och Bäralm (*Celtis occidentalis*) på högstam, och Ormskinnsall (*Pinus heldreichii*) som flerstammigt buskträd. Perennerna utgörs av bland annat Tuvtåtel (*Deschampsia cespitosa*), Randgräs (*Phalaris arundinacea*), Fackelblomster (*Lythrum salicaria*), Stjärnflocka (*Astrantia major*) och Älgräs (*Filipendula ulmaria*). Även lökar av arterna Snökrokus (*Crocus tommasinianus*) och

Kungsängslilja (*Fritillaria meleagris*) är planterade i bäddarna. Enligt Karin Sjölin (ibid.) har detta växtval hittills visat sig väl lämpat, med visst undantag för randgräset. För att skydda regnbäddarna har ett cirka 70 cm högt temporärt trästaket satts upp längst kanterna som insprängningsskydd. Då regnbäddarna anlades för cirka ett år sedan omfattas de fortfarande av etableringsskötsel, vilket även inkluderar eventuell bevattning. Enligt Magnus Svensson, Landskapsarkitekt på Gatukontoret i Malmö stad (muntligt, 2016-03-08), kommer det dock troligtvis behövas en hel del stödvattning under varma torrperioder, inte minst på grund av bäddarnas omfattande storlek i förhållande till avrinningsområdet.

Vid mitt besök syntes att en hel del skräp hade ansamlats i regnbäddarna. Bland annat flaskor, tomburkar, plastpåsar och hundbajs återfanns spritt över bäddarna. Insprängningsskyddet var även böjt på vissa stället, troligen orsakat av att någon lutat sig mot det alternativt att någon använt det som balanslek. Det fanns dock inga tecken på att någon trampat i bäddarna. Gatstenarna som utgör erosionsskydd och sedimentsfälla vid inloppen hade på minst två ställen delvis lossnat, och stenarna låg utspridda i bädden. En hel del sediment (sand) fanns ansamlat vid inloppen mot trottoaren. Vegetationen såg dock enligt min bedömning ut att vara vid god vigör.



t.v. Figur 23. Regnbäddarna på Montbijougatan i början av Mars. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 24. Regnbäddarna används framgångsrikt för att smalna av körbanan. Foto: Wille Helmbold.



t.v. Figur 25. En dagvattenbrunn som har behållits som en säkerhetsåtgärd. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 26. Skador på erosionsskyddet, flera av gatstenarna har helt eller delvis lossnat. Foto: Wille Helmbold.

Öringevägen

Plats: Öringevägen, Tyresö kommun.

Datum för besöket: 2016-03-20.

Utformning: Sweco.

I Tyresö har man anlagt fyra stycken regnbäddar vid ett övergångsställe på Öringevägen, en lokalgata som går genom ett bostadsområde. Regnbäddarna anlades 2013 och ritades av Sweco (Sweco, 2012, s. 1; Vinnova, 2014b, ss. 21-23). Regnbäddarna är en del i kommunens program kallat "DAGLIG" för att utforma olika dagvattenlösningar i gatumiljöer. Syftet med projektet är att omvandla hårdgjorda vägmiljöer till gröna planteringar med det primära målet att kunna omhänderta och rena dagvatten. Viktiga mervärden som även kan utvinnas av detta beskrivs vara ökad trafiksäkerhet samt skapandet av grönnare och trevligare gatu- och boendemiljöer för invånarna (Tyresö kommun, 2016).

Regnbäddarna är likt exemplet från Malmö av curb-extension modell, med mjukt avrundade hörn. De är delvis nedsänkta i förhållande till de omkringliggande ytorna, med stödmurar utförda av L-stöd i betong. (Sweco, 2012, ss.3-5). Bäddarna är mellan 105-125 cm breda och mellan 410-800 cm långa. Varje regnbädd är konstruerad med två stycken 30 cm breda inlopp, ett i spetsen på anläggningen där den möter gatans kantsten, och ett på långsidan mot körbanan. Regnbäddarna är utformade med ett väldigt tilltaget erosionsskydd i form av en vall av makadam i fraktionen 63-120 mm. Detta gör att det bildas ett slags fördamm där sedimentering kan ske innan vattnet rinner in i bädden. (Sweco, 2012, ss. 9-10). Växtbädden har inte en jämnt utformad yta, utan jordytan ligger i fas mot trottoaren medan den sluttar ut mot gatan. Nedsänkningen mot gatan är som mest uppskattningsvis 10-15 cm. Bräddavloppen, som utgörs av en kupolbrunn per bädd, ligger endast några centimeter över ytans lägsta punkt, vilket i kombination med den kraftigt sluttande ytan, gör att fördröjningszonens volym till synes blir ganska begränsad. Filtermaterialet är 50 cm djupt och därtill tillkommer ett underliggande dräneringslager i makadam på 30-35 cm (Sweco, 2012, ss. 2, 7-8). Bäddarna är även utformade med underliggande dräneringsledning som för bort överflödigt vatten, samt med en tät gummiduk för att förhindra oönskad infiltrering i markterrassen (Sweco, 2012, ss. 13-15; Vinnova, 2014b, ss. 21-23). Bäddarna är placerade i en lågpunkt i gatans sträckning och således utformade för att ta emot dagvatten från väg- och gångbana rinnande i gatans längsgående riktning utmed kantstöden. (Vinnova, 2014b, ss. 21-23). Den absoluta majoriteten av dagvattnet tas således emot genom det inlopp som är placerat i bäddens spets, vilket också är där det väl tilltagna erosionsskyddet återfinns. Vegetationen utgörs av inhemska perenna örter och gräs. Växterna beskrivs vara särskilt utvalda för att de naturligt växer i kustnära miljöer, vilket gör att de har en naturlig motståndskraft mot torka, tillfälliga översvämningar och salt. Exempel på perenner som använts är Strandaster (*Aster tripolium*), Starr (*Carex sp.*), Salttåg (*Juncus gerardii*), Veketåg (*Juncus effuses*), Strandlysing (*Lysimachia vulgaris*), Fackelblomster (*Lythrum salicaria*) och Strandveronika (*Veronika longifolia*). (Sweco, 2012, ss. 5-7). Som ett slags kostnadsreferens kan nämnas att enbart anläggningskostnaderna för

regnbäddarna på Öringevägen blev 1 165 000 kronor, exklusive konsultarvoden (Vinnova, 2014a, s. 56).

Regnbäddarna gav vid tidpunkten för besöket ett tämligen trist intryck. Då vegetationen endast utgörs av perenner, som nu var nedklippta, så erbjöd planteringen inget som helst estetiskt värde vid denna årstid. Själva konstruktionen var utformad på ett ganska grundläggande, och i min mening relativt fantasilöst sätt, i obehandlad grå betong och till synes utan något större fokus på estetiska detaljer. Vid tidpunkten för besöket gav regnbäddarna även intrycket av att vara tämligen märkta av vintern. Växtbäddarna var ojämna och gropiga, och stora mängder av förmultnande löv hade ansamlats i erosionsskydden och i bäddarna. Det återfanns även en del skräp i bäddarna, dock inte lika mycket som i exemplet från Malmö, vilket kan förklaras utav den påtagliga skillnaden i storlek samt regnbäddarnas läge. Erosionsskyddet, som såg ut att vara väldigt överdimensionerat i jämförelse med regnbäddarna vid Folkets park i Malmö och i förhållande till de exempel jag sett i litteraturen, bidrog enligt min mening ytterligare till att ge bäddarna ett lite kantigt och hårt utseende. Det är dock viktigt att påpeka att besöket skedde i mars månad, en tidpunkt på året då perennplanteringar inte har sitt främsta estetiska värde. Fotografiet, överst till vänster på den nästkommande sidan, taget av Tyresö kommun, visar dock regnbäddarnas estetiska värde under sommarsäsongen.



t.v. Figur 27. Inventeringsfotografi på en av regnbäddarna på Öringevägen som visar bräddningsavlopp och släntning av växtbäddsyta, samt de needvissnade perennerna. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 28. Fördammen och det väl tilltagna erosionsskyddet. Foto: Wille Helmbold.



t.v. Figur 29. Anläggningens förhållandevis ringa bredd visar på flexibiliteten i utformningen av regnbäddar. Notera att bädden ligger i fas med trottoaren och delar av körbanan. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 30. Närbild på ett av inloppen mot körbanan. Foto: Wille Helmbold.



Figur 31. Regnbäddarna på Öringevägen vid kraftig nederbörd under sommaren.
Foto: Tyresö kommun.



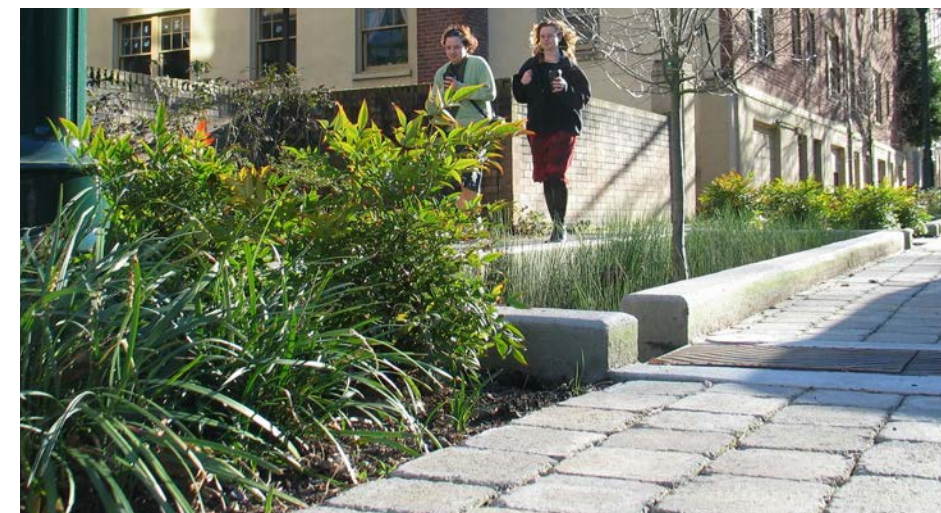
Figur 32. Samma regnbäddar som ovan i mitten av mars månad.
Foto: Wille Helmbold.

SW 12th Avenue Green street projekt

Plats: SW 12th Avenue, City of Portland, USA.

Utformning: City of Portland, Department of Parks and Recreation & Department of Transportation.

År 2005 anlades detta system av regnbäddar i en befintlig gatumiljö i centrala Portland. Anläggningen var en del i ett större projekt där staden strävade efter att skapa en mer hållbar dagvattenhantering. Projektet, som kom att kallas “Green streets”, byggde på att utnyttja de buffertzoner som fanns mellan körbana och gångbana genom att konstruera så kallade *rain garden planters*, en mindre typ av regnbädd som lämpar sig väl för hårdgjorda och trånga utrymmen i gatumiljöer. Regnbäddarna är utformade enligt curb-cut modellen (planter), genom att de förlagts nedsänka i trottoaren. Själva bäddarna är endast 120 cm breda och 550 cm långa. De är nedsänkta i förhållande till omgivande ytor med hjälp av 15 cm breda stödmurar i betong, vilket skapar en fördröjningszon på cirka 15 cm. Gatan ligger i en viss lutning vilket gör att dagvattnet som transporteras via kantstoden från avrinningsområdet först rinner i den översta regnbädden, för att när den nått sin maximala fördröjningskapacitet, bräddar vidare vattnet som då rinner in i nästa regnbädd i ordningen till dess att samtliga bäddar är fyllda. Därefter kan ytterligare överflödigt vatten ledas till det konventionella systemet vid behov. På så vis kan anläggningen klara av att omhänderta minst 70 % av avrinningen från ett 25-årsregn. Bäddarna är planterade med variation av främst perenna gräs, men även med blommande örter, buskar och solitärträd. Ett gräs som använts särskilt flitigt i planteringen är Gråtåg (*Juncus patens*), vilket beskrivs vara en idealisk växt för regnbäddar med god förmåga att transpirera och ta upp föroreningar ur dagvattnet, samtidigt som den är tuff och även estetiskt tilltalande. Som solitärträd har Tupeloträd (*Nyssa sylvatica*) använts, vilken beskrivs ha en god förmåga att klara såväl torra som blöta ståndorter. En av utmaningarna som beskrevs för projektet var att hitta gestaltungs-lösningar som möjliggjorde förenandet av såväl gångbana, regnbäddar och körbana med längsgående parkering utmed gatan. Att använda curb-cut modellen och ta en bit av trottoaren i anspråk ansågs vara den bästa lösningen för att få plats med tillräckligt med parkeringsplatser. För att uppnå god säkerhet och funktion utformades därför regnbäddarna med en upphöjning av kanten mot gångbanan med cirka 10 mm. För att skapa ett avstånd mellan parkerade bilar och regnbäddarna utformades en cirka 90 cm bred tillträdeszon (eng. parking egress). En lyftbar metallplatta användes för att täcka över inloppet mot gatan för att ytterligare öka säkerheten och för att förhindra tilltäppning av skräp. Det multifunktionella förenandet av de gröna hållbara dagvattenlösningarna och den innovativa och estetiskt tilltalande designen av regnbäddarna gjorde att projektet år 2006 tilldelades ASLA:s General Design Award Of Honor. (American Society of Landscape Architects, 2006; the City of Portland Oregon, 2016a; the City of Portland Oregon, 2016b).



Figur 33. Regnbädd på SW 12th Avenue i City of Portland av curb-cut modell.
Foto: City of Portland.



Figur 34. Genom en väl genomarbetad utformning av regnbäddarna kan dagvattenhanteringen interageras till att bli en viktig del av gaturummets gestaltning.
Foto: City of Portland.



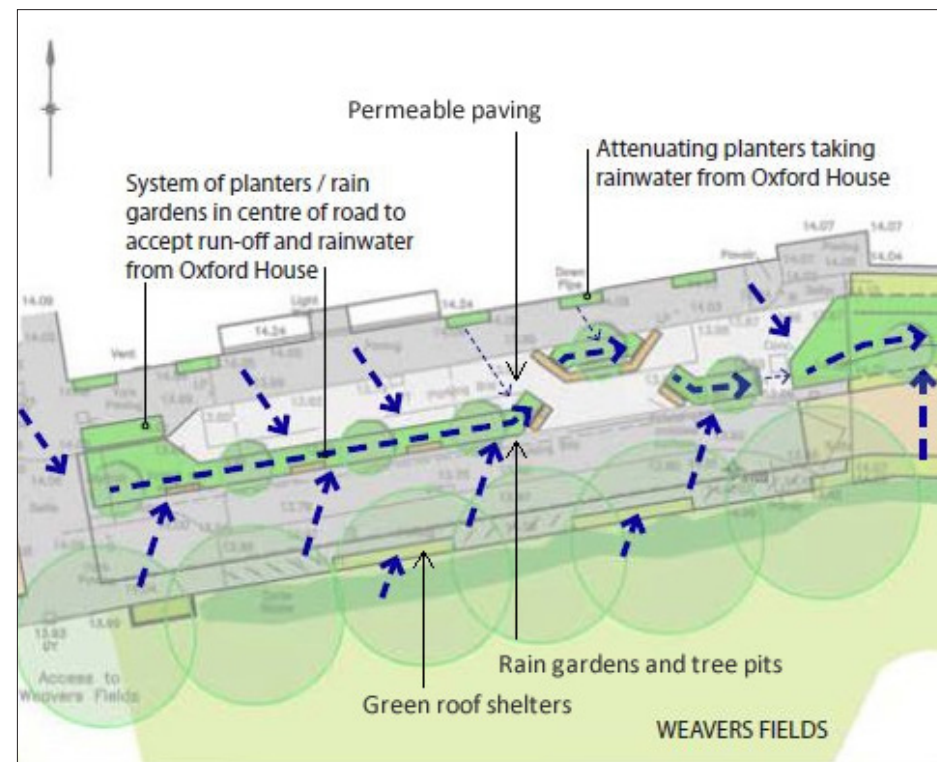
Figur 35. Dagvatten leds in i regnbäddarna via särskilda inloppskanaler.
Foto: City of Portland.

Derbyshire street pocket park

Plats: Derbyshire street, London, Storbritannien.

Utformning: Thames Water Utilities, Greysmith Associates & Greater London Authority.

Ett *gatulandskap* (eng. *streetscape*) längst en enkelriktad lokalgata, som av författarna bakom CIRIA-rapporten (2015, s. 197) beskrivs som en trist plats som tidigare endast gav utrymme åt parkeringsplatser, omvandlades 2013-2014 genom så kallad retrofitting till ett slags "grönt gångfartsområde" (eng "street pocket park"). Olika hållbara dagvattenlösningar som exempelvis regnbäddar, gröna tak, genomsläppliga beläggningar och skelettjordsbäddar för gatuträd, anlades i området för att kunna omhänderta dagvatten, samt för att åstadkomma ett högre socialt och ekologiskt värde för invånarna. Regnbäddarna konstruerades med kringgårdande stödmurar i granit enligt ett slags curb-cut modell. Inloppen utformades genom regelbundna släpp i kanterna genom vilka dagvatten leds in i bäddarna. Regnbäddarna är uppbyggda med ett 50 cm mäktigt filtermaterial, och med ett totaldjup på cirka 100-1200 cm. Bäddarna är i huvudsak planterade med perenna örter och gräs. Bäddarna är täckta med ett ytlager av barkflis för att dämpa ogräs och för att behålla en mer jämn fuktnivå i jorden. Resultatet av projektet är att allt dagvatten nu kan omhändertas lokalt på ett hållbart sätt, vilket bland annat reducerar riskerna för översvämningar. Mervärden som tillkommit är även att den biologiska mångfalden förstärkts, samt att estetiska och sociala värden skapats. (CIRIA, 2015, s. 197; Susdrain, o.å.). En annan konsekvens av omgestaltningen är att antalet parkeringsplatser uppenbarligen reducerats kraftigt, samt att gatan blivit mindre tillgänglig för motorfordon. Huruvida detta är ett slags önskvärd konsekvens eller inte från stadens sida framgår dock inte av källan.



Figur 36. Illustrationsplan över Derbyshire street pocket park visar hur avrinningen leds till de olika hållbara dagvattenkomponenterna. Illustration: Susdrain.



Figur 37. Anläggning av en regnbädd på Derbyshire street i London. Foto: Susdrain.



Figur 38. Samma regnbädd som ovan efter att färdigställande och plantering skett. Foto: Susdrain.



Figur 39. Regnbädd av curb-cut modell i mitten av gaturummet (street pocket park). Foto: Susdrain.

Sammanfattning av referensstudien

Studien av referensprojekten har bidragit med att ge viktiga kompletterande kunskaper till litteraturen om hur regnbäddar kan användas och utformas i gestaltningen av gatumiljöer. De fyra olika referensprojekten har många grundläggande likheter men de skiljer sig samtidigt från varandra på ett par avgörande punkter vad gäller exempelvis omhändertagande funktion, storlek, form (val av modell), estetisk utformning och växtval m.m. Detta menar jag är fördelaktigt för studien då det ger ett bredare och mer nyanserat perspektiv av hur regnbäddar kan användas i utformningen av olika sorters gatumiljöer. Målsättningen är därför att ta lärdomar och inspiration från samtliga av dessa projekt i utformningen av mitt eget gestaltungs-förslag för Vasagatan.

Referensprojektet Derbyshire street pocket park bidrar med viktig inspiration för hur utformningen av regnbäddar kan utföras med tonvikt på sociala värden i form av rekreativa och pedagogiska värden genom att projektet tydligt involverar och vänder sig till medborgarna. Förutsättningar skiljer sig dock markant från Vasagatans, både vad gäller det fysiska utrymmet, men framför allt vad gäller önskemålen för hur platsen ska omvandlas och utnyttjas.

Referensexemplet från Öringevägen i Tyresö visar på hur regnbäddar effektivt kan inrymmas i en förhållandevis utrymmesbegränsad gatumiljö. Vid besöket av anläggningen gav regnbäddarna förvisso ett tämligen trist intryck. Samtidigt påvisar detta dock vikten av att gestaltningen av regnbäddar därför bör ske med ett perspektiv på estetiska värden sett över hela året, med särskilt fokus på växtgestaltningen.

Regnbäddarna på Monbijougatan i Malmö ger till skillnad från de i Tyresö enligt mig betydligt högre estetiska värden sett över hela året. Detta menar jag beror på en mer omsorgsfull och påkostad gestaltning av dels de hårdgjorda materialen, men framför allt på att växtgestaltningen gjorts med hänsyn till att ge estetiska värden under samtliga årstider. Detta beror framför allt på användandet av vedartat och vintergrönt växtmaterial. Detta kommer jag att ta i särskilt beaktande i utformningen av regnbäddarna på Vasagatan. Regnbäddarna på Monbijougatan är dock utformade med helt andra förutsättningar än de som råder på Vasagatan. På grund av att gaturummet är mycket brett och att staden valt att inte förlägga parkeringsplatser längst gatan kunde regnbäddarna göras enormt stora då detta ansågs viktigt för att främja estetiska och rekreativa värden. I fallet Vasagatan kan regnbäddarna omöjligen uppta lika stort utrymme, utan placeringen och utformningen måste istället ske utifrån att noggrant interagera dessa med andra utrymmeskrävande funktionella aspekter i gaturummets gestaltning som exempelvis parkeringsplatser och garageutfarter.

Referensexemplet från City of Portland visar enligt mig på hur regnbäddar kan utformas för att ge stora estetiska värden, och att samtidigt kunna förenas med funktionella aspekter som utrymme för trafik och parkeringsplatser. Sett till gaturummets rent fysiska situation liknar detta referensprojekt förutsättningarna som råder för Vasagatan mest. I utformningen av regnbäddarna på Vasagatan kommer jag därför ta en hel del inspiration från detta projekt.

Gestaltningsförslaget

Utgångspunkter för gestaltningsförslaget

Bakgrunden till gestaltningsuppdraget är att Kristianstads kommun ser värdet av att påbörja en omställning till en mer hållbar dagvattenhantering för att möta utmaningarna som ett eventuellt förändrat klimat kan medföra. Den konventionella dagvattenhanteringen i staden, i form av nedgrävda ledningar, är idag på många platser mycket gamla och i behov av renovering. Det befintliga ledningsnätverket är även hårt ansträngt som en följd av en ökad förtätning av staden, vilket medför risker för eventuella översvämningar vid kraftig nederbörd. Vattenledningarna under Vasagatan är idag gamla och i behov att bytas ut. Detta medför en omfattande renovering som även påverkar hela gaturummet. Arbetet är planerat att påbörjas inom närmaste tiden. Som en del i detta renoveringsprojekt har Kristianstads kommun visat intresset av att undersöka möjligheterna att implementera en mer hållbar dagvattenhantering i omgestaltningen av gatan. Som en del i detta gestaltningsförslag undersöks därför möjligheterna att införa regnbäddar som en hållbar dagvattenlösning för Vasagatan. Projektet med att renovera områdets dagvattenhantering sammanfaller även med önskemålet från kommunens sida om att omgestalta den norra delen av Vasagatan, för att ge gaturummet en utformning och karaktär som är bättre anpassad till dess nya trafikklassning som gångfartsområde. (Degerman, Siv, muntligt). Således är utgångspunkten för detta gestaltningsförslag dels att undersöka möjligheterna för att införa regnbäddar, samt att föreslå hur detta kan förenas med en omgestaltning av gaturummet som helhet, för att uppnå de önskemål som kommunen har för Vasagatan.

Kristianstads kommuns grön-blåa visioner

Kristianstads kommun har som mål att utveckla ett omfattande grönt nätverk genom Kristianstad, och som en nyckelstrategi för att uppnå detta ses anläggandet av fler planteringar och stadsträd i stadens gaturum (Kristianstads kommun, 2012, ss. 1-8). Enligt kommunen ska grönskan i första hand verka för att bidra till att skapa en attraktiv stad som stimulerar invånarna till rekreation, men målet är även att grönskan ska vara multifunktionella element som ska kunna samordnas med andra tekniska funktioner, som exempelvis hållbar dagvattenhantering. Ett problem som tas upp är dock att den grönstruktur som anläggs ur ett funktionellt perspektiv, ofta är monoton och inte särskilt estetiskt tilltalande. Kommunen har därför som mål för framtiden att bättre förena funktionella och estetiska kvalitéer i stadens grönstruktur. (Kristianstads kommun, 2009, ss. 62-63). För att uppnå detta beskrivs det som viktigt att även funktionella planteringar i stadens offentliga rum ska erbjuda variationsrikedom och estetiska värden. Perenn- och lökplanteringar framställs som mycket uppskattade av invånarna då de erbjuder färgsprakande överraskningar över säsongerna. Av särskilt vikt betonas gatuträdens roll i stadens grönstruktur, då de erbjuder såväl estetiska värden, men även viktiga ekosystemtjänster i form av luftrening och temperaturregulering. För att säkerställa att de viktiga och uppskattade gatuträden ska finnas kvar även för framtida generationer

av kristianstadsbor har kommunen en tydlig policy att ersätta varje borttaget stadsträd med minst två stycken nya. (Kristianstads kommun, 2012, ss. 1-8).

Kristianstad är lokaliserat invid Helge å i ett mycket flackt landskap. Stora delar av den centrala staden ligger endast strax ovanför havsytan. Detta speciella läge medför att staden är enormt utsatt för risken att drabbas av översvämningar. För att motverka detta har en serie av vallar och dammar byggts runt om staden för att kunna motstå ett beräknat maximalt högsta vattenflöde i Helge å. Även med hänsyn till framtida klimatförändringar. Dock kvarstår risker för översvämning av dagvatten innanför vallarna i staden, orsakat av kraftig nederbörd. Då den befintliga dagvattenhanteringen i delar av staden idag bygger på att regnvatten leds bort och pumpas ut i Helge å, skulle även kraftig nederbörd kunna medföra att åns vattennivåer riskerar att höjas. (Kristianstads kommun, 2009, ss. 28-32). Redan idag finns områden i staden som har stora problem med översvämningar vid kraftig nederbörd. Då nederbörden för Kristianstad generellt beräknas att öka i och med klimatförändringarna blir detta problem således än mer angeläget. (ibid.). Som strategi för framtidens dagvattenhantering har kommunen därför en tydlig målsättning om att öka omhändertagandet av dagvatten på plats nära källan. Detta beskrivs som viktigt för att minska trycket på de redan hårt belastade dagvattenledningarna, som vid kraftig nederbörd riskerar att överbelastas, med tänkbar bakåströmning och översvämningar som följd. Kommunen beskriver även vikten av att minska spridningen av förorenat dagvatten som transporteras bort till vattendrag utanför staden. Exempelvis uppskattas att dagvatten idag utgör 8 % av fosforutsläppen i Helge å. För att komma till rätta med det förespråkar kommunen ett ökat tillämpande av hållbara dagvattenlösningar i stadsbyggandet. Framför allt betonas vikten av att förbättra omhändertagandet av dagvatten i de tidiga skedena av processen, på plats nära avrinningsområdena. Därför efterlyser kommunen att fler hållbara dagvattenanläggningar, både för LOD inom fastighetsmark och fördröjning nära källan på allmän mark, ska byggas i Kristianstad. (Kristianstads kommun, 2010, ss. 2-5). Att infiltrera större mängder dagvatten i marken är dock svårt i Kristianstad då grundvattennivån ligger högt och stora delar av staden är belägen på mark med dålig genomsläpplighet. Således beskrivs att målsättningen för hållbar dagvattenhantering i Kristianstad bör vara att i så hög grad som möjligt fördröja dagvattnet lokalt på platsen på ett kontrollerat sätt, för att sedan succesivt kunna leda det vidare i ett slags dagvattenkedja. (Kristianstads kommun, 2009, ss. 28-32). Kommunen uttrycker även särskilt vikten av att hållbara dagvattenlösningar i särskilt gatumiljöer ska utformas ur ett multifunktionellt perspektiv där noggrann hänsyn tas till att interagera de funktionella och estetiska aspekterna (Kristianstads kommun, 2010, s. 14).

Beskrivning av gestaltningsområdet

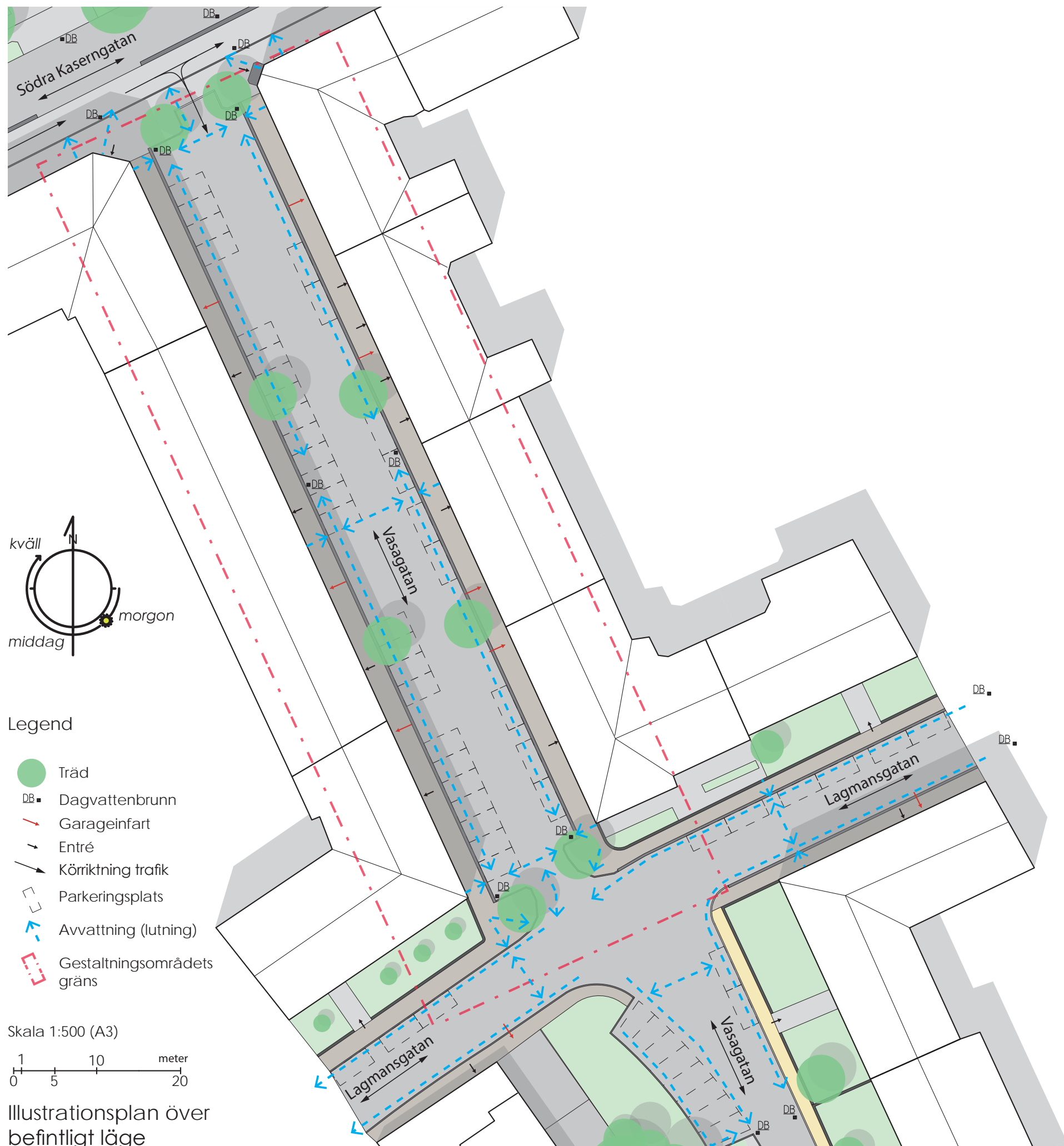
Vasagatan ligger i centrala Kristianstad alldeles öster om kanalen i stadsdelen Östermalm. I norr ansluter Vasagatan till Södra kaserngatan som är en större stadsgata, och i sydöst ansluter Vasagatan till Sjöcronas gata. Vasagatan korsas

av Lagmansgatan, en mindre lokalgata som leder vidare ned till Kanalgatan i väster, och till Sjöcronas gata i öster. Bebyggelsen längst Vasagatan utgörs främst av flerfamiljshus, men även utav friliggande villor och enstaka verksamhetsbyggnader. Den del av Vasagatan som är i fokus för detta gestaltningsuppdrag är den sträcka som ligger norr om Lagmansgatan. Denna kommer här efter att refereras till som ”Vasagatan” för att öka läsförståelsen.



Figur 40. Karta som visar gestaltningsområdets (Vasagatans) läge i Kristianstad. Ortofoto: Lantmäteriet.

Vasagatan är ungefär 100-110 m lång och cirka 17,5-18 m bred. Gaturummet är förhållandevis brett i jämförelse med andra gator i området. Körbanans bredd, inklusive utrymmet för parkeringsplatser, uppgår till över 12 m. Vasagatan är idag reglerad som ett gångfartsområde, något som dock inte återspeglas i dess utformning (Degerman, Siv, muntligt). Körbanan är i dagsläget utformad för dubbelriktad trafik, även om utfarten mot Södra kaserngatan är enkelriktad i nordöstlig riktning. Trottoarerna på vardera sidan av gatan är relativt väl tilltagna med en bredd på cirka 2,5–2,7 m. Markbeläggningen på dessa utgörs av en konventionell betongplatta, vilken avskiljs från körbanan av ett cirka 30 cm brett kantstöd i granit. Höjdskillnaden mellan trottoaren och körbanan är idag cirka 10-12 cm. Körbanan utgörs av asfalt, med målade linjer som utmärker parkeringsplatserna. Idag återfinns trettio tre parkeringsplatser på denna del av Vasagatan. Tjugofem av dessa utgörs av tvärställd parkering och åtta utgörs av sidoställd parkering. De befintliga parkeringsplatserna är dock relativt snålt utformade. De tvärställda är exempelvis endast 4,4 m djupa. Flera av fastigheterna längst denna del av Vasagatan har också parkering i garage på bottenplan. Det återfinns även ett stort antal parkeringsplatser längre söderut på Vasagatan, samt på Lagmansgatan, Sjöcronas väg och Kanalgatan. Det återfinns idag ingen MC- eller cykelparkering på gatan, något som avspeglades i att ett stort antal cyklar stod felparkerade längst med fasaderna. Åtta stycken avenbokar, troligen *Carpinus betulus* 'Fastigiata', återfinns idag längst Vasagatan. Träden är cirka 8-10 m höga, 4-5 m breda och uppstammade till omkring 2 m höjd. De står planterade i en enkel trädgrop utan skelettjord.



t.v. Figur 41. Vy norr ut från Vasagatan. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 42. Vy söder ut från Vasagatan. Notera det stora antalet parkeringsplatser. Foto: Wille Helmbold.



t.v. Figur 43. Infarten till Vasagatan från Södra Kaserngatan. Vy mot sydväst. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 44. Korsningen Vasagatan och Lagmansgatan. Vy mot öster. Det s.k. Haganderska palatset i bakgrunden. Foto: Wille Helmbold.



t.v. Figur 45. Entréer och garageinfarter längst Vasagatan. Notera det stora antalet felparkerade cyklar längst med fasaderna. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 46. Vackra gamla byggnader med utsmyckade tegelfasader längst östra sidan av Vasagatan. Foto: Wille Helmbold.



t.v. Figur 47. Trädplantering på Vasagatan. Foto: Wille Helmbold.



t.h. Figur 48. Trottoar av gult marktegel och mur med gjutjärnsräcke som ramar in en förträdgård vid den södra delen av Vasagatan. Foto: Wille Helmbold.

Närmast stammen återfinns en cirka 1-1,5 m² yta täckt av en genomsläpplig betongsten. De två yttre trädparen i vardera sidan av gatan är placerade väldigt nära de befintliga ledningar som ska bytas ut, vilket med största sannolikhet innebär att de måste avverkas alternativt flyttas. De två inre trädparen har dock en betydligt större chans att kunna behållas. (Fridell, Kent, muntligt).

Bebyggelsen längst Vasagatan utgörs av slutna stadskvarter där fasaderna utgör en tydlig och rak gräns på vardera sidan av gaturummet. Byggnaderna är generellt fyra våningar (cirka 12-15 m) höga och samtliga är utformade med sadeltak. Åldern på bebyggelsen varierar en del. Enligt egen uppskattning är byggnaderna på gatans östra sida uppförda mellan slutet av 1800-talet till början av 1900-talet. På gatans västra sida är två av byggnaderna från 1930-talet, och en tredje ser ut att vara ifrån 1980-1990-talet. Fasadernas färger utgörs generellt av varma toner i ljust och rött tegel, och av ljusgul och vit puts. Den mest utmärkande av byggnaderna är det så kallade Haganderska palatset ritat av stadsarkitekten Per Lennart Håkansson 1913, som idag används som huvudkontor av ett byggföretag.

Korsningen mellan Vasagatan och Lagmansgatan är förhållandevis stor och bred för en normal lokalgata. Detta är något som enligt kommunens tjänstemän uppmanar till en högre hastighet än vad som önskas. Således finns det ett intresse hos kommunen av att hitta en gestaltningslösning som även bidrar till att smalna av korsningen. (Degerman, Siv & Mårtensson, Lennart, muntligt, 2016-02-10). Längst med Lagmansgatan är trottoarerna smalare än de längst med Vasagatan. Även om byggnaderna är samma som längst Vasagatan skiljer sig dock mötet med gaturummet markant då husen här har ett slags förträdgårdar som är cirka 4-5 m djupa. Förträdgårdarna är planterade med typiska trädgårdsväxter som exempelvis syren, ros, ölandstok och prydnasapel. De omgärdas av en låg mur med ett litet gjutjärnsstaket i tidstypisk stil. I sydväst angränsar korsningen till en cirka 150-175 m² stor grönyta bestående av klippt gräsmatta närmast gatan och med ett bestånd av vildväxande fågelbär och fläder. Grönytan utgör den högsta punkten i terrängen, varvid det skulle vara mycket svårt att leda dagvatten till denna plats.

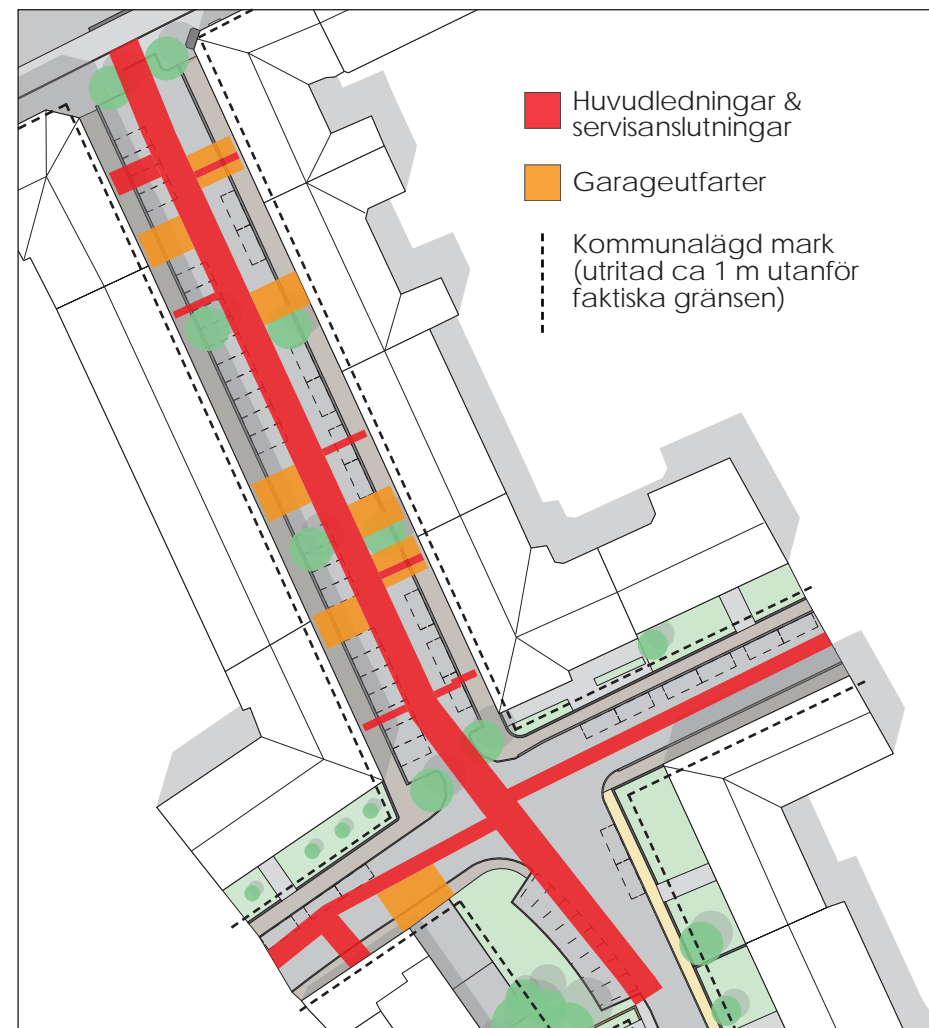
Den södra delen av Vasagatan har en helt annan utformning och karaktär än den norra delen. Körbanan är inte lika bred, och trottoarerna är betydligt smalare. Trottoarernas markbeläggning utgörs på sydvästra sidan av en liten mörkbrun klinkerplatta, och på nordöstra sidan av en för Kristianstad karaktäristisk ljus marktegel, som återfinns på ett flertal platser i den centrala delen av staden. Denna del av gatan är inte av samma intresse för gestaltningsförslaget, då ingen renovering av ledningarna är planerade för denna. (ibid.).

Tekniska förutsättningar

Stora delar av Kristianstad tätort är belägna på lerjordar med låg infiltrationsförmåga. (Kristianstads kommun, 2010, ss. 2-5). Jordartskartan över Kristianstads tätort visar att Vasagatan och närliggande kvarter ligger i

en smal korridor bestående av en siltig jord. Närmast angränsande områden i nordväst består av en moränjord, och i sydväst av en lerjord. (Sveriges geologiska undersökning, 2004). Då den befintliga terrassen troligen har en låg genomsläpplig förmåga medför detta med största sannolikhet att markterassen inte är lämpad för infiltrering av dagvatten i någon omfattande skala. Grundvattennivåerna för Kristianstad varierar normalt över året från att ligga mellan +0,0 till -2,0 meter över havsytan (Kristianstads kommun, 2016). Vasagatans norra del ligger på en ungefärlig höjd på mellan +3,0 till +2,5 m.ö.h. Kristianstad har med sydsvenska mått ganska normala nederbörds mängder. (Kristianstads kommun, 2010,ss. 2-5). Mellan 2011-2015 var den genomsnittliga årsnederbörden i Kristianstad 676 mm, med ett högsta värde år 2014 på 779 mm, och ett lägsta värde år 2013 på 576 mm. (Vattenriket, o.å.). Snömängderna är generellt väldigt små och tjäldjupet i marken går väldigt grunt, vilket är faktorer som underlättar för lokal dagvattenhantering. (Kristianstads kommun, 2010,ss. 2-5). Detta medför således att inga särskilda krav annat än de som tidigare presenterats behöver ställas på dimensionering av regnbäddarnas storlek och omhändertagande förmåga. (Fridell, Kent, muntligt).

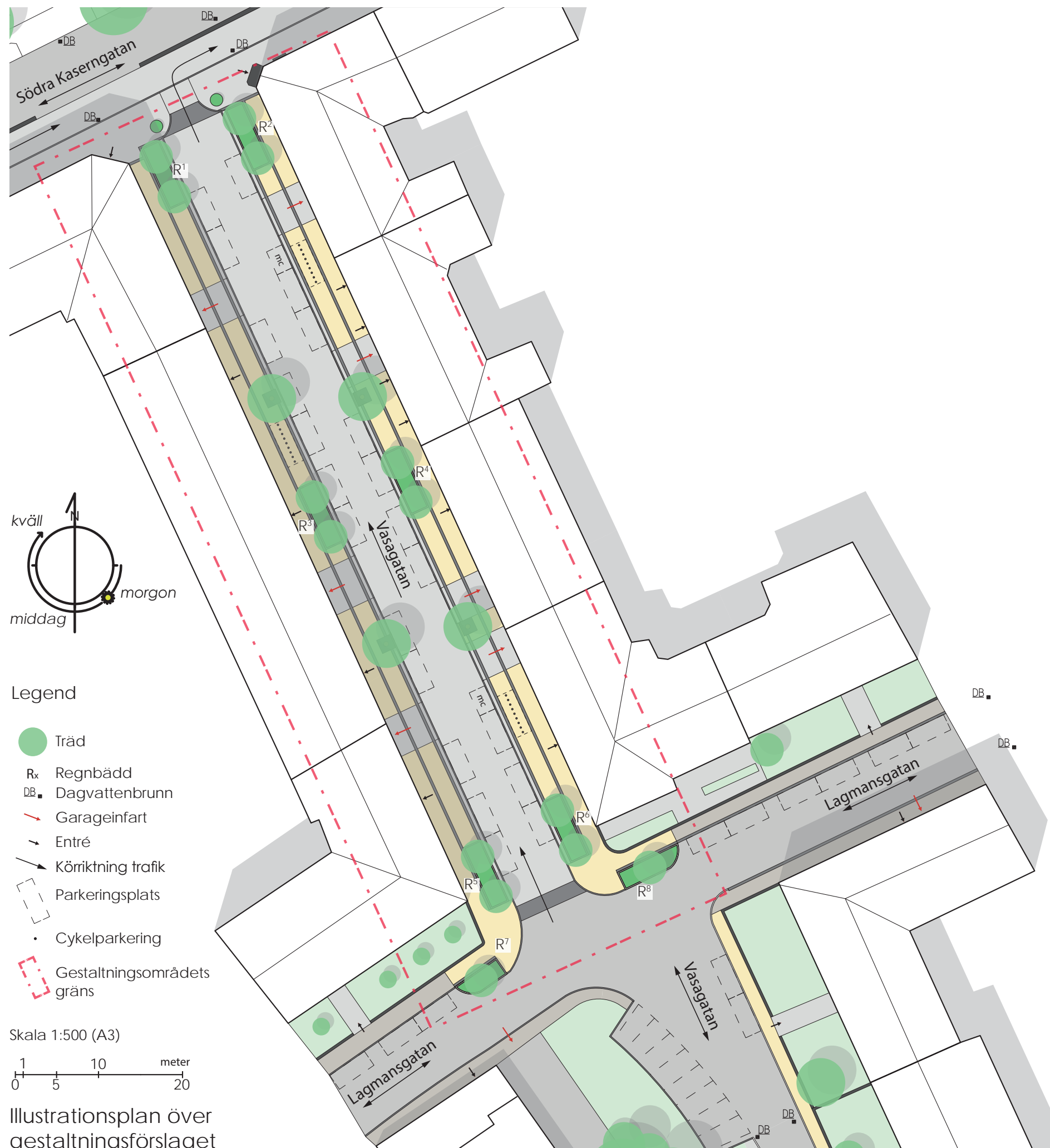
Illustration över de ytor i gestaltningsområdet där regnbäddar inte kan eller bör förläggas



Under Vasagatan går i huvudsak tre stycken huvudledningar med spill-, dag- och dricksvatten. De två förstnämnda är idag placerade under mitten av gatan. Dricksvattenledningen återfinns idag under den östra sidan av gatan, men planen är att denna ska bytas ut och istället placeras jämte de andra huvudledningarna. Huvudledningarna är i sin tur kopplade till var och en av fastigheterna genom servisledningar. Samtliga av dessa ledningar och anslutningar måste beaktas vid omgestaltningen. Avvattningen av Vasagatan sker i dag enbart genom konventionell metod där dagvattnet förs bort via ledningar under jord. Höjdskillnaderna inom gestaltningsområdet är närmast obefintliga och avvattningen av Vasagatan sker genom ett konstant system där dagvattnet från körbanan (genom bombering) och trottoarer (genom enkelfall) leds via kantstöden till sex stycken jämt fördelade dagvattenbrunnar. Det återfinns även sju stycken garageinfarter längst Vasagatan som behöver tas hänsyn till i gestaltningen. Dessa påverkar såväl placeringen av regnbäddar som parkeringsplatser längst gatan.

Presentation av gestaltningsförslaget

I enlighet med önskemålen från Kristianstads kommun har jag i gestaltningsförslaget utformat gaturummet för att vara mer anpassat som ett gångfartsområde. Gestaltningen har dock gjorts utifrån ett slags kompromiss mellan ett mer traditionellt urbant gångfartsområde och en enkelriktad lågtrafikerad lokalgata. Anledningen till detta beror på att Vasagatan, trots sin trafikklassning som gångfartsområde, i realiteten ändå betraktas som ett slags lokalgata av kommunen. Detta gäller framför allt synen på tillgängligheten för biltrafik samt behovet av ett omfattande antal parkeringsplatser. Generellt utformas gångfartsområden utan kantstöd eller nedsänkning av körbanan, vilket annars i en konventionell lokalgata delar upp trafiken mellan fordon (körbana) och gångtrafik (trottoar). (Bodin et al, 2015, s. 176). Även om gångfartsområden tekniskt sett inte har någon körbana eller trottoar kommer dessa termer att användas i beskrivningen av gestaltningsförslaget för att öka läsförståelsen. I gestaltningsförslaget behålls kantstöden och nedsänkningen av körbanan. Detta beror i huvudsak på tre viktiga skäl. Det första skälet är för att främja trafiksäkerheten. Då Vasagatan är lokaliserat utanför centrum, kommer underlaget av gångtrafikanter troligtvis vara så pass begränsat att gatan oavsett trafikklassning de facto kommer att brukas som ett slags lokalgata. Detta innebär att en nedsänkning av körbanan medför ett slags informell uppdelning mellan trafiklagen, vilket ökar säkerheten för de gående. Kantstöden utgör även en tydlig gräns för de parkerade bilarna, så att de inte kan inkräkta på gångtrafikanternas och regnbäddarnas utrymme. Det andra skälet är att kantstöden förenklar avvattningen till regnbäddarna avsevärt. Det tredje skälet är för att detta minimerar förändringarna i höjdsättningen, vilket i det närmaste är ett krav för att kunna behålla de befintliga träden på gatan. Träden kommer dock att behöva en växtbäddsrenovering och en specialutformad konstruktion med nya markgaller för att passa in i gatans nya utformning. Gestaltningsförslaget medför att den så kallade körbanan, smalnas av och görs enkelriktad i norrgående riktning. För att markera att gångfartsområde



inleds anläggs ett litet men påtagligt gupp av storgatsten vid gränsen mot Lagmansgatan. Detta skapar även en fördelaktig höjdrygg som förenklar avvattningen. Körbanan ges även en avvikande markbeläggning mot Lagmansgatan och södra delen av Vasagatan i form av bågsatt smågatsten. Smågatstenens skrovliga yta bidrar även till att reducera trafikens hastighet, vilket är önskvärt. Längst med körbanan förläggs längsgående parkering för sammanlagt tjugotre personbilar och två motorcyklar. Detta innebär en kraftig reduktion av antalet parkeringsplatser för personbilar med över 30 %. Skälet till denna reduktion beror främst på att få till tillräckligt med utrymme för regnbäddarna, men även för att ge gatan en utformning som bättre motsvarar dess trafikklassning och karaktär. Trottoaren görs generellt bredare än tidigare. På vissa sträckor blir den dock avsmalnad till 2,5 m för att inrymma regnbäddarna. Tre ytor för cykelparkering å nio stycken platser förläggs utmed trottoaren. Markbeläggningen utförs med gult marktegel, vilket är typiskt för centrala Kristianstad. Vid de sju garageutfarterna utformas dock trottoaren med en kontrasterande beläggning av (sågad) smågatsten i bågsatt mönster. De befintliga granithällarna som idag används som kantstöd, förläggs istället som en längsgående fris i trottoaren. Längst med Vasagatan placeras även tre stycken bänkar, två i sydväst läge och en i nordöst läge, vilket ger trötta flanerare en behövlig viloplats. Vid korsningen mot Södra Kaserngatan placeras med fördel två stycken stora blomsterurnor för att markera gatans entré och för att ytterligare förstärka dess nya gröna karaktär. Gestaltungsforlaget för med sig att hälften av de åtta befintliga gatuträden tas bort. Samtidigt medför det att fjorton stycken nya träd tillkommer. Detta innebär således att Kristianstads målsättning att plantera minst två nya stadsträd för varje borttaget med råge uppfylls (Kristianstads kommun, 2012, ss. 2-5). Till detta tillkommer dessutom busk-, perenn- och lökplanteringar, vilket medför att Vasagatan genom regnbäddarna blir avsevärt mycket grönare än tidigare.

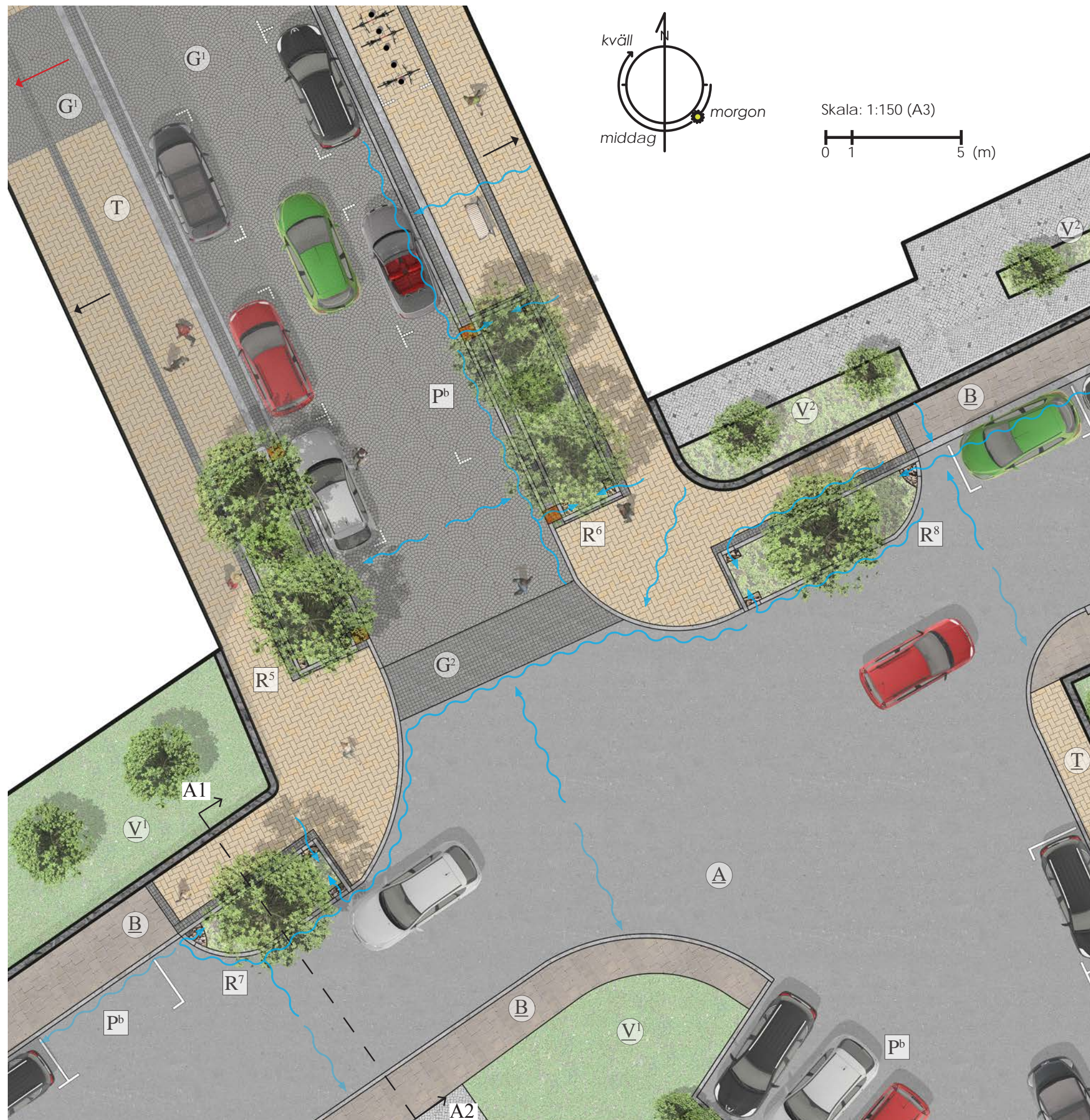
Gestaltung som påverkats av tekniska faktorer

I gestaltungsforlaget har jag tagit särskild hänsyn till att inte placera regnbäddarna ovanpå de huvud- eller servis-ledningar som återfinns i marken. Ur teknisk synvinkel är det dock möjligt att förlägga regnbäddarna ovanpå underliggande ledningar, men detta innebär att särskilda aspekter för konstruktionen behöver tas i akt, samt att det medför risken att regnbädden måste grävas upp om skador på ledningarna uppstår. (Fridell, Kent, muntligt; Degerman, Siv & Mårtensson, Lennart, muntligt). Jag har även tagit särskild hänsyn till att fordon ska ha möjlighet att ta sig in och ut ur de gårds- och garageinfarterna som återfinns längst Vasagatan.

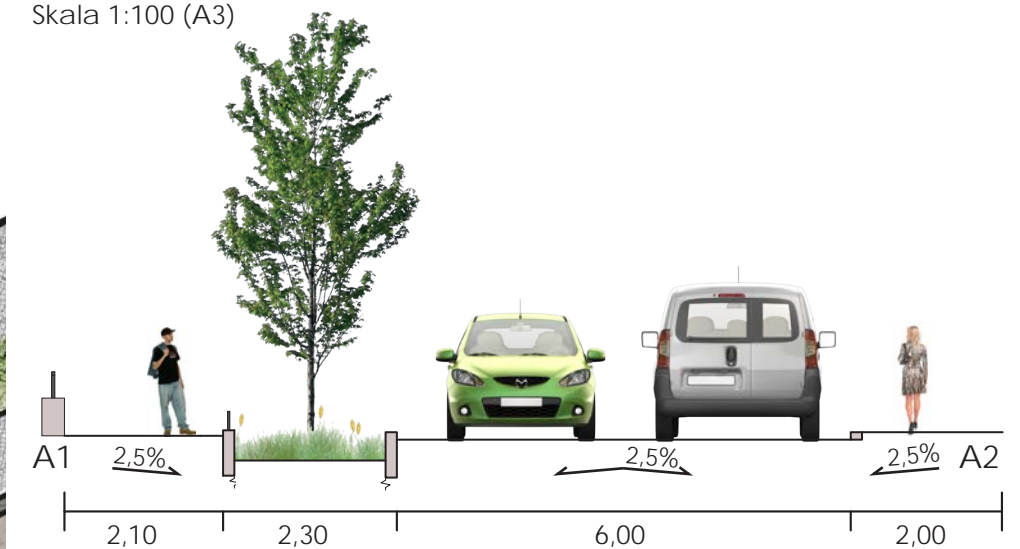
I mitt gestaltungsforlag förläggs regnbäddarna där de befintliga dagvattenbrunnarna idag är placerade. Detta medför att lutningarna i marken i hög mån redan är anpassade efter den önskade avvattningen. Detta menar jag förenklar avvattningen av gaturummet, samt underlättar anslutningen till omkringliggande mark- och golvhöjder. Det är med stor sannolikhet även ett krav för att de befintliga träden ska kunna behållas.

Figur 49. 3D-rendering av gestaltungsforlaget.
Fågelperspektiv över gestaltungsområdet, blick
norr ut.
Illustration: Wille Helmbold.





Sektion A1-A2
Skala 1:100 (A3)

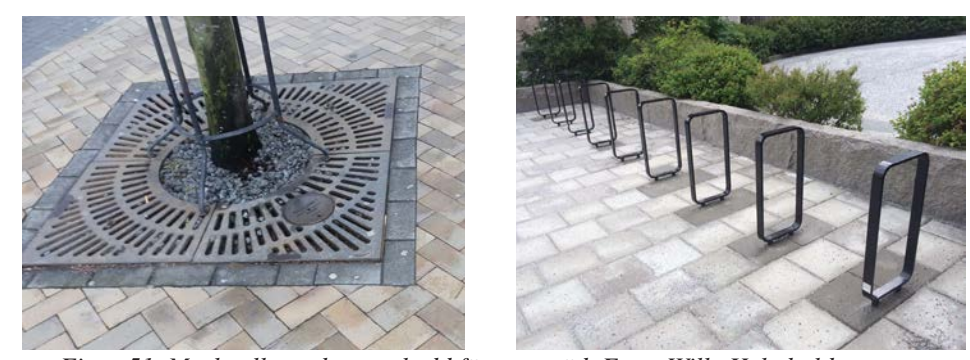
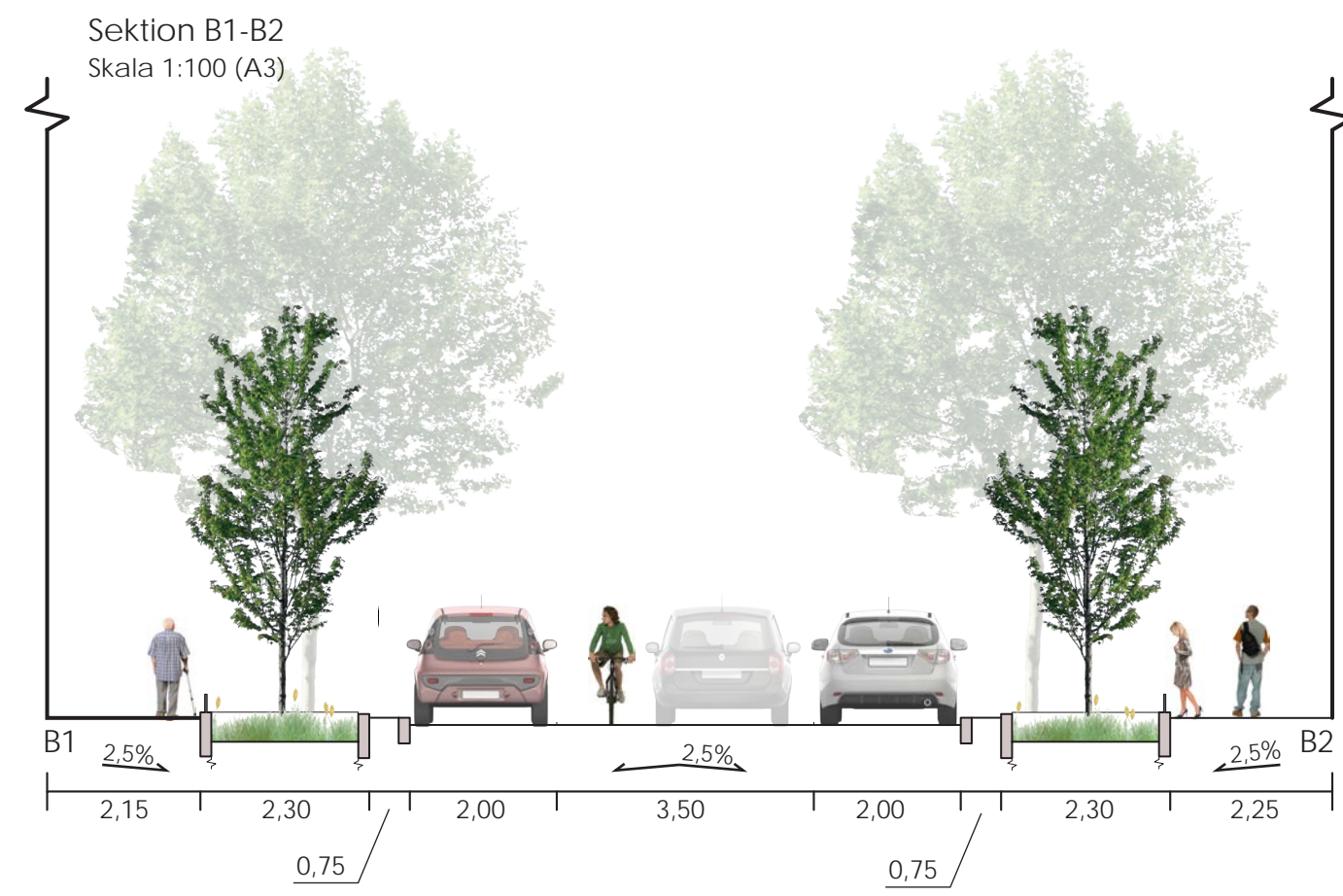
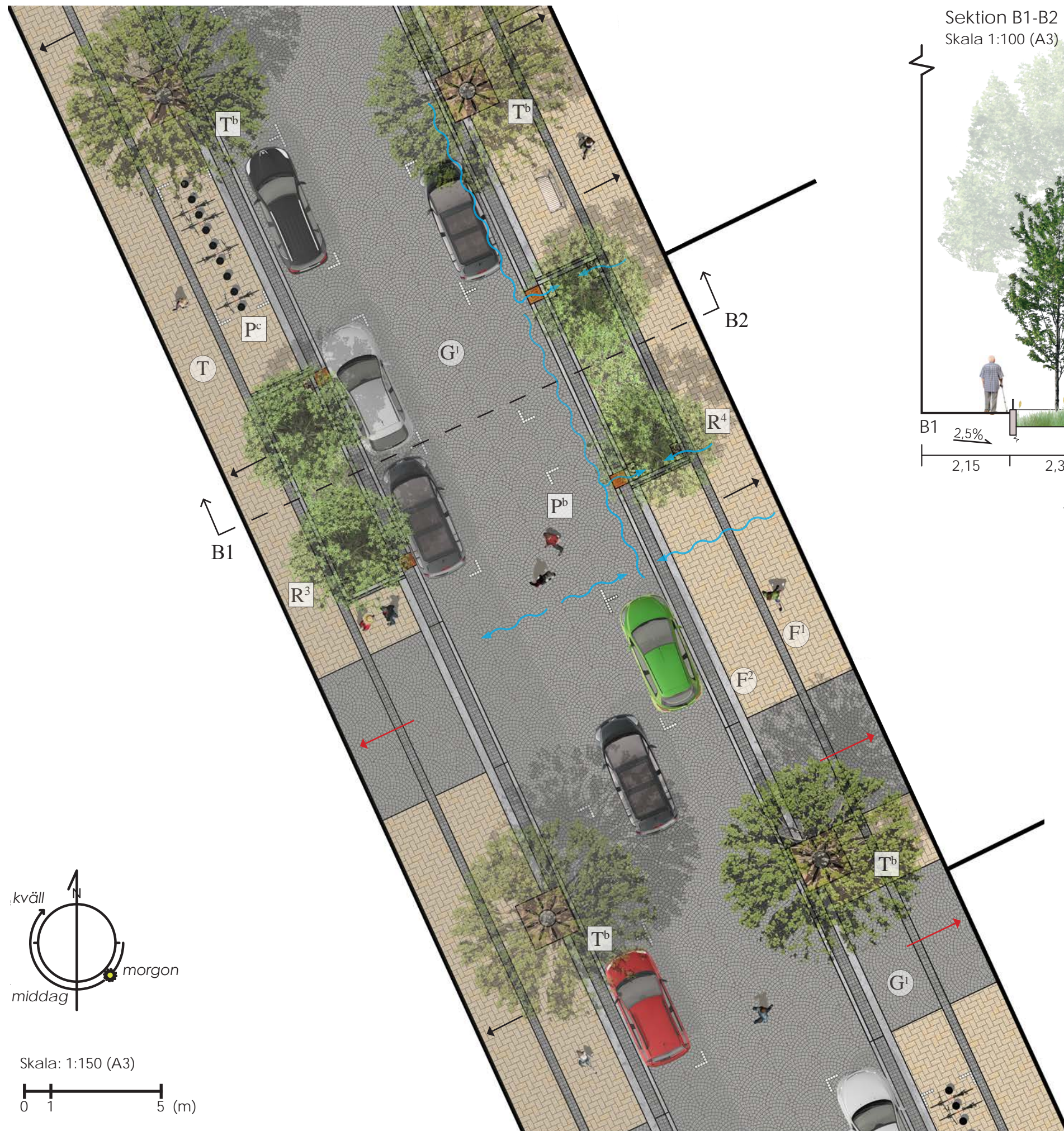


Figur 50. Inspirationsbild från SW 12th Avenue i City of Portland som visar hur regnbäddar kan gestaltas för att interageras i gaturummets utformning.
Foto: City of Portland.

Illustrationsplan över gestaltungsforlaget -
forstorat utsnitt over korsningen mot Lagmansgatan

Legend

- | | |
|--|--|
| R^x Regnbädd | G¹ Smågatsten, bågsett |
| P^b Parkering, personbil | G² Storgatsten, förband |
| ↑ Entré | A Asfalt |
| ↑ Garageinfart | B Marksten |
| ↗ Avvattningsprincip | V¹ Gräsyta |
| T Marktegel | V² Planteringsyta |

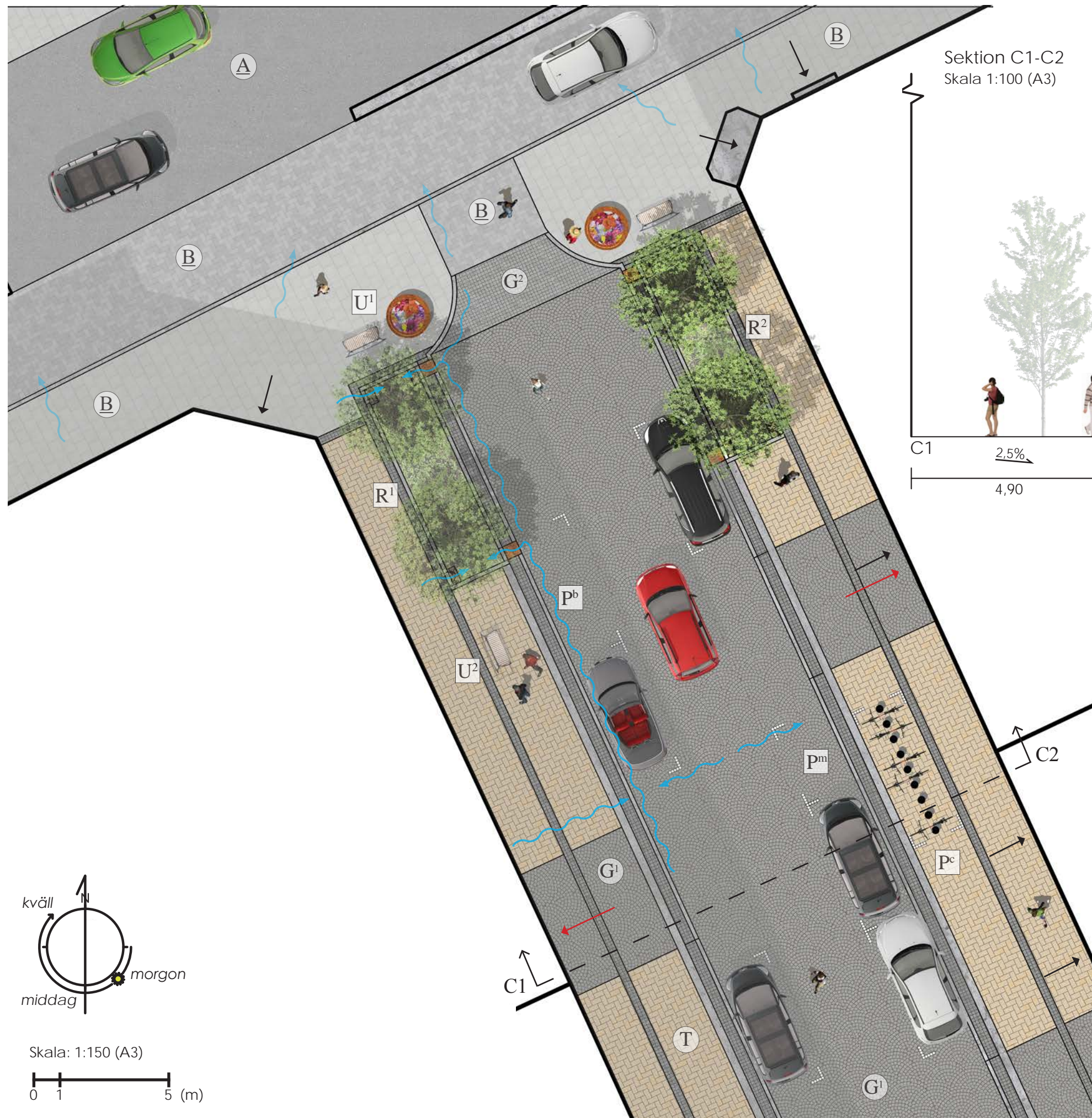


t.v. Figur 51. Markgaller och stamskydd för gatuträd. Foto: Wille Helmbold.
t.h. Figur 52. Cykelställ. Foto: Wille Helmbold.

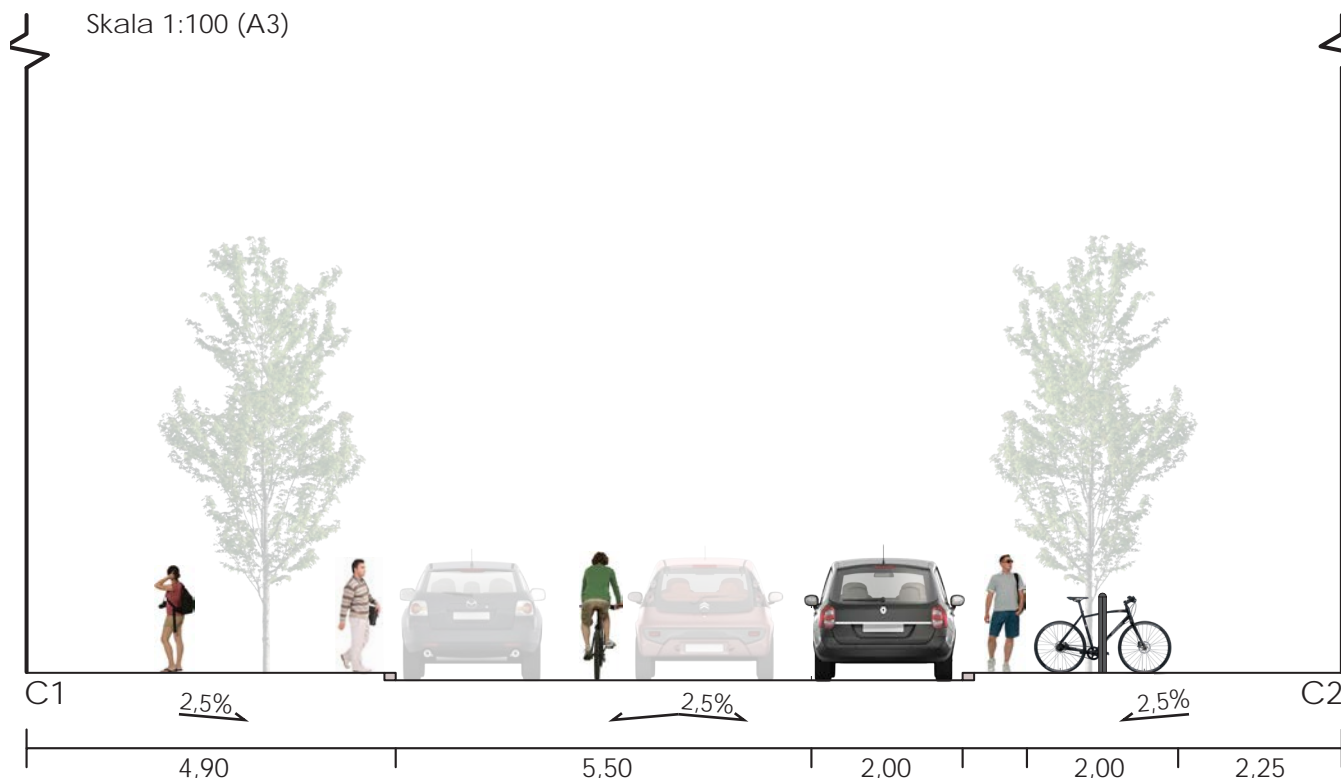
Illustrationsplan över gestaltungsforlaget -
forstorat utsnitt over centrala delen av Vasagatan

Legend

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| R^x Regnbädd | Avvattningsprincip |
| P^b Parkering, personbil | T Marktegel |
| P^c Parkering, cykel | G^1 Smågatsten, bågsett |
| T^b Träd som behålles | F^1 Fris, smågatssten |
| \uparrow Entré | F^2 Fris, granit (återanvänd) |
| \uparrow Garageinfart | |



Sektion C1-C2
Skala 1:100 (A3)

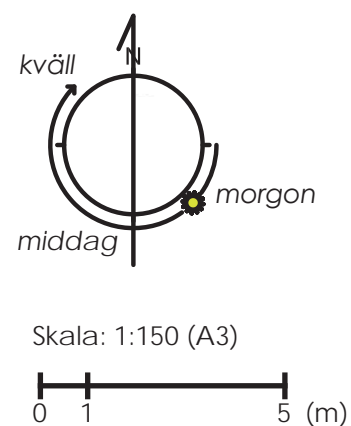


t.v. Figur 53. Kristianstads-gult marktegel, och frisa av smågatsten. Foto: Wille Helmbold.
t.h. Figur 54. Blomsterurna. Foto: Wille Helmbold.

Illustrationsplan över gestaltungsforlaget -
forstorat utsnitt over korsningen mot Sodra kaserngatan

Legend

- | | |
|---|--|
| R^x Regnbädd | Avvattningsprincip |
| P^b Parkering, personbil | T Marktegel |
| P^m Parkering, motorcykel | G¹ Smågatsten, bågsett |
| P^c Parkering, cykel | G² Storgatsten, förband |
| U¹ Blomsterurna | A Asfalt |
| U² Bänk | B Marksten |
| Entré | |
| Garageinfart | |





Figur 55. 3D-rendering av gestaltungsförslaget. Position vid korsningen Vasagatan och Lagmansgatan, vy norr ut.
Illustration: Wille Helmbold.



Figur 57. 3D-rendering av gestaltungsförslaget. Position vid korsningen Vasagatan och Södra Kaserngatan, vy söder ut.
Illustration: Wille Helmbold.



Figur 56. 3D-rendering av gestaltungsförslaget. Vy av regnbädd R⁸ i korsningen Vasagatan och Lagmansgatan.
Illustration: Wille Helmbold.



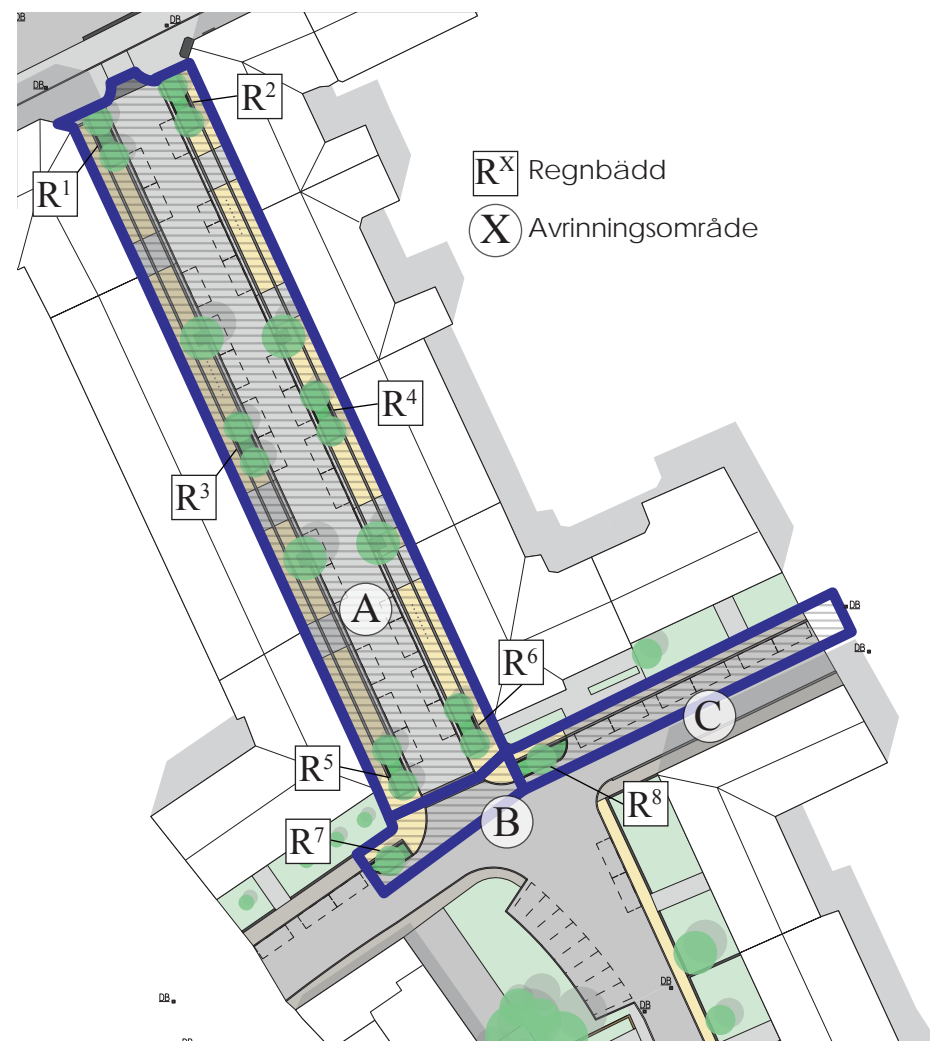
Figur 58. 3D-rendering av gestaltungsförslaget. Vy av regnbädd R⁵ på Vasagatan.
Illustration: Wille Helmbold.

Dimensionering och placering av regnbäddarna

Förslaget gör att gestaltningsområdet i huvudsak kan delas upp i tre stycken avrinningsområden, vilka avvattnas antingen till fullo eller till viss del av att dagvattnet leds till och omhändertas av regnbäddar. Avrinningsområde A består tekniskt sett av sex stycken mindre avrinningsområden, men då principen är densamma för samtliga och då gränsdragningen endast kan formuleras genom detaljerad höjdsättning, så betraktas de i denna redovisning som ett samlat avrinningsområde. Beräkningsmodellen som följer nedan är rekommenderad av min biträdande handledare Kent Fridell för detta gestaltningsförslags syfte, för att kunna göra en översiktlig bedömning för hur stora regnbäddarna behöver vara och för att uppskatta den mängd nederbörd som de kan tänkas klara av att omhänderta.

Den översiktliga beräkningen visar att de föreslagna regnbäddarna (R¹-R⁶) på Vasagatan klarar av att omhänderta en nederbörd på cirka 12,5 mm. De två andra regnbäddarna klarar enligt samma beräkning av att omhänderta 17 mm (R⁷) respektive 11,5 mm (R⁸) nederbörd. Denna uträkning bygger på förmågan att omhänderta nederbörd oavsett intensitet, varaktighet eller tömningsflöde, vilket givetvis får ses som ett rent tankemässigt exempel. Vid en mer noggrann

Avrinningsområden och avvattningsprincip



Avrinningsområde A (Vasagatan)

Total area (exklusive regnbäddarnas yta): 1698 m²
Avrinningskoefficienten (för respektive typ av ytbeläggning) = ϕ
Marksten ($\phi = 0,7$): 1698 m²
Sammanvägd avrinningskoefficient (A_{red}) = $0,7 \times 1698 = 1188,6 \text{ m}^2$

Regnbäddarnas (R¹-R⁶) sammanlagda area: 92,4 m²
Regnbäddarnas (R¹-R⁶) sammanlagda andel av avrinningsområdet: 5,4 %
Regnbäddarnas (R¹-R⁶) sammanlagda maximala fördröjningsvolym (V): 18,5 m³

Klimatfaktor = $f_c = 1,25$

$(V \times 1000) / (A_{red} \times f_c) = (18,5 \times 1000) / (1188,6 \times 1,25) = 12,5$

Den sammanlagda minsta fördröjningskapaciteten** för R¹-R⁶: 12,5 mm nederbörd

* Efter rekommendationer från Svenskt vatten, 2016.

** oavsett intensitet, varaktighet eller tömningsflöde.

Avrinningsområde B (Korsningen sydväst)

Total area exklusive regnbäddens yta: 132 m²
Asfalt ($\phi = 0,8$): 69 m²
Marksten ($\phi = 0,7$): 57 m²
Sammanvägd avrinningskoefficient (A_{red}) = 95,1 m²

Regnbäddens (R⁷) area: 10 m²
Regnbäddens (R⁷) andel av avrinningsområdet: 7,6 %
Regnbäddens (R⁷) maximala fördröjningsvolym (V): 2 m³

$(V \times 1000) / (A_{red} \times f_c) = (2 \times 1000) / (95,1 \times 1,25) = 16,8$

Den sammanlagda minsta fördröjningskapaciteten för R⁷: 17 mm nederbörd

Avrinningsområde C (Korsningen nordöst)

Total area exklusive regnbäddens yta: 255 m²
Asfalt ($\phi = 0,8$): 160 m²
Marksten ($\phi = 0,7$): 96 m²
Sammanvägd avrinningskoefficient (A_{red}) = 195,2 m²

Regnbäddens (R⁸) area: 14 m²
Regnbäddens (R⁸) andel av avrinningsområdet: 5,5 %
Regnbäddens (R⁸) maximala fördröjningsvolym (V): 2,8 m³

$(V \times 1000) / (A_{red} \times f_c) = (2,8 \times 1000) / (195,2 \times 1,25) = 11,5$

Den sammanlagda minsta fördröjningskapaciteten för R⁸: 11,5 mm nederbörd

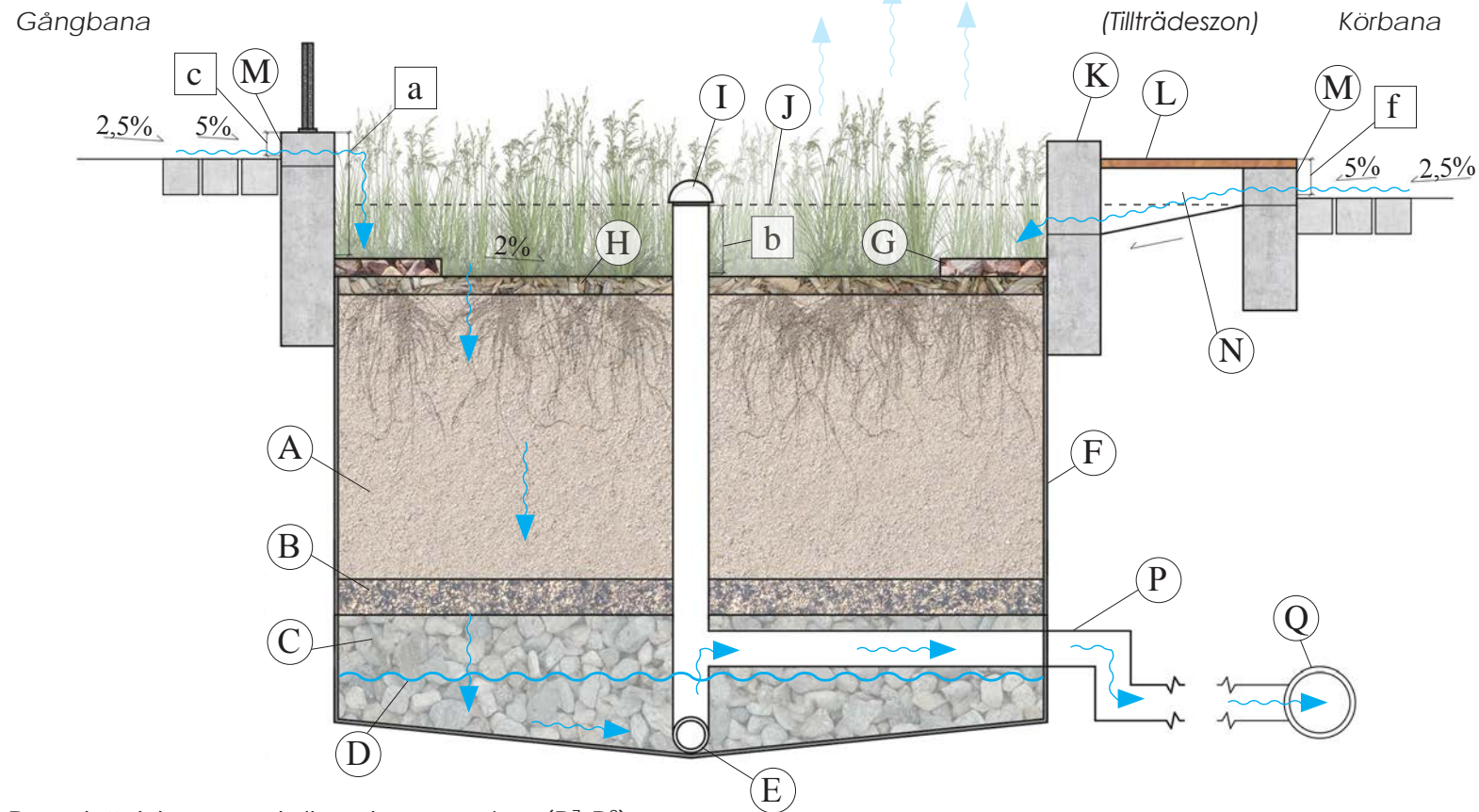
flödesdimensionering tas naturligtvis en rad andra parametrar och faktorer med, vilka dock är svåra att bedöma i ett mer övergripande och principiellt förslag, vilket detta till viss del ändå får betraktas som. Vad som kan sägas är dock att om regnbäddarna (R¹-R⁶) enligt den översiktliga uträkningen ovan klarar av att omhänderta 12,5 mm nederbörd, är den egentliga mängden vid ett normalt regn i själva verket åtminstone 17-18 mm, då en viss mängd dagvatten infiltreras under tiden då regnet pågår. Vid en lågintensiv nederbörd med en lång varaktighet kan mängden dagvatten som regnbäddarna klarar av att omhänderta uppgå till åtminstone 25 mm. Det bör dock tilläggas att uträkningarna bygger på att regnbäddarna är tomma vid nederbördstillfället, dvs. att de hunnit infiltrera tidigare dagvattenvolymer innan det nya regnet inträffar. Vid förhållanden då det varit en längre uppehållsperiod, och den vattenmättade zonen i dräneringslagret hunnit tömmas (evapotranspirerat) finns det således även en underjordisk fördröjningszon att tillgå, vilket skulle kunna öka mängden nederbörd som regnbäddarna kan omhänderta ytterligare. (Fridell, Kent, muntligt). Enligt Kent Fridell (ibid.) kommer de föreslagna regnbäddarna i gestaltningsförslaget för Vasagatan (med 200 mm fördröjningszon) sannolikt klara av att omhänderta, fördröja och rena 80-90 % av den nederbörd som uppstår under ett genomsnittligt år. Om regnbäddarnas fördröjningszon dessutom utökas till 250 mm eller 300 mm bör den omhändertagande kapaciteten uppgå till minst 85-90 % respektive 90 % av all nederbörd under ett år.

Regnbäddarnas utformning

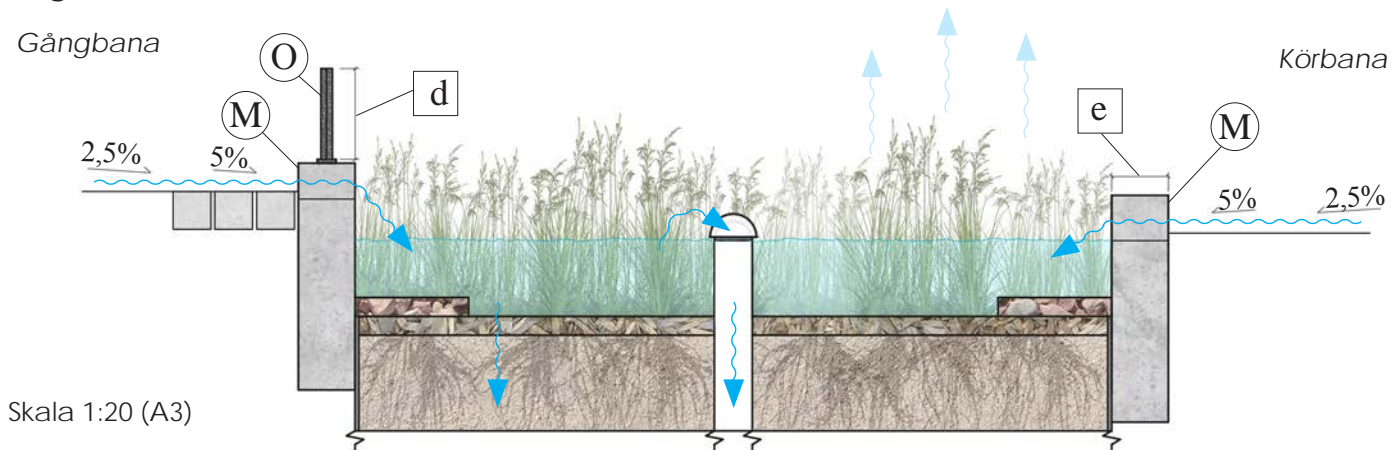
Regnbäddarna längst Vasagatan (R¹-R⁶) utformas enligt curb-cut modell (planter) genom att förläggas nedsänkta i trottoaren. De utformas med en tillhörande tillträdeszon till de parkerande bilarna, likt i referensexemplet från Portland. Skälet till detta är dels praktiskt då det medför en buffertzon mot trafiken, men även estetisk då det ger regnbäddarna en utformning som gör att de framstår som mer interagerade i gaturummet. De två återstående regnbäddarna i korsningen mot Lagmansgatan (R⁷-R⁸) utformas däremot genom curb-extension-modell (bump-out) genom att ta en del av gatan i anspråk, likt referensexemplen från Malmö och Tyresö. Skälet till detta är dels för att trottoarerna längst Lagmansgatan är smalare, och för att kommunen särskilt önskat en lösning som smalnar av körbanan i korsningen för att reducera trafikens hastighet. Även om regnbäddarna utformas enligt två olika modeller kommer de dock i övrigt att ges samma utformning för att åstadkomma en samhörighet i gestaltningen.

Efter rekommendation från litteraturstudien samt från referensexemplet i Malmö görs inloppen (minst) 50 cm breda. De utformas genom släpp i stödmuren (kantstödet), vilket tillåter dagvatten att rinna in i bädden. Vid inloppen görs markytan närmast intill minst 20 mm nedsänkt. Detta görs på inrådan från Karin Sjölin på Malmö stad (muntligt, 2016-03-23) för att tvinga vattenflödet att byta riktning och säkerställa att det verkligen rinner in i regnbäddarna. För regnbäddarna (R¹-R⁶) på Vasagatan utformas inloppen

Regnbädd av modell curb-cut (R¹-R⁶)



Regnbädd av modell curb-extension (R⁷-R⁸)



Skala 1:20 (A3)

Legend

- | | | |
|--|---------------------------------|--------------|
| (A) Filtermaterial, 800 mm | (J) Fördröjningszon | a 350 mm |
| (B) Materialavskiljande sandlager, 100 mm | (K) Kantstöd (stödmur) i granit | b 200 mm |
| (C) Dräneringslager, 300-400 mm | (L) Lyftbar metallplatta | c 75 mm |
| (D) Vattenmättad zon (internt vattenmagasin) | (M) Inlopp | d 250 mm |
| (E) Dräneringsledning | (N) Inloppskanal | e 150 mm |
| (F) Tät duk | (O) Skyddsräcke | f 100-120 mm |
| (G) Erosionsskydd | (P) Tät ledning | |
| (H) Ytflager av barkflis/grus, 50 mm | (Q) Huvudledning dagvatten | |
| (I) Bräddningsavlopp (översvämningsbrunn) | | |

mot körbanan utifrån en speciell modell med inspiration från referensexemplet från Portland. Varje regnbädd utformas med fyra stycken inlopp, två mot körbanan och två mot trottoaren. Detta kan tänkas vara något överdimensionerat, men görs samtidigt som en säkerhetsåtgärd ifall att det skulle bli stopp i ett av inloppen. Konstruktionen skulle dock vara möjlig att utföra med ett inlopp mot vardera sidan, vilket då även skulle minska konstruktionskostnaderna (Fridell, Kent, muntligt). Erosionsskydden utförs av makadam i fraktionen 63-120 mm satta i ett ordentligt tjockt lager av jordfuktig betong, för att förhindra att de går sönder likt som för referens-regnbäddarna i Malmö. Visningen mot trottoaren blir generellt cirka 7,5 cm. För att säkerställa att dagvatten vid eventuellt fel på bräddningsavloppet, inte ska svämma över mot byggnaderna, utförs samtliga av regnbäddarna med en lägre kant mot körbanan. Detta leder således till att vattnet vid översvämning i första hand leds till bräddningsavloppet, och i andra tillåts översvämma körbanan. För att öka säkerheten för de gående, och som en estetiskt tilltalande detalj, utformas den del av stödmuren som vetter mot trottoaren med ett litet gjutjärnräcke. Räcket återknyter även till de befintliga gjutjärnräcken som ramar in de små förträdgårdarna i området.

Samtliga regnbäddar utformas enligt typ 5 (se figur 15, på sidan 13) med tät botten, underliggande dräneringsledning, samt med en vattenmättad zon i dräneringslagret. Dräneringsledningen i botten för bort det dagvatten som inte evapotranspirerar, och medför således att vatten inte blir stående i bäddarna, vilket annars kan skada vegetationen. Att de utformas med tät botten och avvattnande system bland annat på närheten till känslig bebyggelse, i form av bostadshus med källare. Det beror även på att den underliggande terrassen har en låg hydraulisk konduktivitet och således inte är anpassad för infiltration i större mängder. Ytterligare en faktor är det höga grundvattenståndet i Kristianstad. Den vattenmättade zonen i dräneringslagret medför att det finns en tillgänglig vattenreserv för vegetationen att tillgå vid långvarig torka. Den vattenmättade zonen skapar även en anaerob miljö, vilket främjar denitrifikation. För att ytterligare främja denna process bör en bio-kolkälla i form av 5-10 % träflis blandas in i dräneringslagret. (CIRIA, 2015, ss. 338-339; Vinnova, 2014a, s. 48). Regnbäddarna utformas med ett bräddningsavlopp som kopplas till den underliggande dräneringsledningen, och som vid behov kan föra bort överflödigt dagvatten till ledningssystemet. Som ett pedagogisk värdefullt inslag förses regnbäddarna med en informationsskylt, vilken riktar sig till allmänheten och som förklarar deras funktion och värde, likt de som använts för referensprojekten i London och Portland (se figur 18, på sidan 18).

Växtgestaltningen av regnbäddarna

Växtvalet har baserats på rekommendationer ur litteraturen samt från inspiration från referensexemplen jag besökt och studerat. Jag har även konsulterat Patrik Bellan (mailkontakt, 2016-03-28) som är landskapsingengör och konsult inom rådgivning av vedartad vegetation.

Vegetationen i förslaget utgörs av såväl inhemska som exotiska växter. Majoriteten av dem härstammar från antingen vattennära miljöer, eller från prärien, vilka är miljöer där stora variationer mellan torka och tillfälliga översvämningar uppstår. Samtliga valda växter besitter de önskade egenskaper som krävs för att klara regnbäddarnas tuffa ståndortsförhållanden. Tanken är att växtgestaltningen ska passa väl in i omgivningen, där man återfinner små förträdgårdar med blommande perenner och prydnadsträd, samtidigt som regnbäddarna ändå ska återspegla ett slags funktionell och naturlig landskapsplanering, med de perenna gräsen och de robusta lignoserna som videokornell och rödlönn. Jag har även strävat efter att skapa en plantering som ger intresse året om. Under tidig vår erbjuder snökrokusarna en vacker blomning. Som tidigare nämnt i uppsatsen kan det dock vara problematiskt att plantera lök i regnbäddar, varför detta får ses lite som ett experiment. Under sen vår slår rödlönnen, kornellen och flertalet av perennerna ut i blom. Under sommaren är regnbäddarna fulla av såväl blommande perenner som volymskapande gräs. Samtidigt ger trädens lövverk även en vertikal volym. Under tidig höst blommar fortfarande en del av perennerna, samtidigt som vackra höstfärger i gult och rött börjar framträda hos gräsen, buskarna och träden. Framför allt rödlönnen har en spektakulär röd höstfärg. Under vintern skänker videokornellen värde i en annars vilande plantering med sina klarröda skott. Rödlönnarna placeras om två i varje regnbädd, med undantag för regnbädd R⁷ och R⁸, vilka är mindre till ytan, och således planteras de med

Planteringsförslag

LIGNOSER

ARTNAMN	SLUTHÖJD	SLUTBREDD	BLOMN.	PLACERING	ANMÄRKNING	KÄLLA
Acer rubrum ‘Scanlon’ - Rödlönn	8-10 m	3-4 m	4-5	Se placering.	Högstam. Smalkronig sort. Röda höstfärger. Grunt rotsystem.	1,2,3,7
Cornus sericea ‘Firedance’ - Videkornell	1 m	1 m	4-5	Centralt, om 2-3.	Dekorative röda skott.	1,2,3

PERENNER

ARTNAMN	HÖJD	BLOMN.	FÄRG	C/C	PLACERING	ANMÄRKNING	KÄLLA
Juncus patens - Gråtag	40-60 cm	5-8	-	35 cm	Jämnt fördelat, om 4-6. <i>Matrix</i> .	Väl beprövad art för regnbäddar.	6
Deschampsia cespitosa ‘Goldschlier’ - Tuvtätel	40-60 cm	6-8	-	35 cm	Jämnt fördelat om 3-5. <i>Matrix</i> .		1,5
Panicum virgatum ‘Cheyenne sky’ - Rödhirs	90-120 cm	7-10	-	40 cm	Jämnt fördelat som solitär.	Rödaktiga höstfärger.	1,2
Veronica longifolia ‘Blauresin’ - Strandveronika	80-100 cm	6-9	Blå	35 cm	Jämnt fördelat om 3-5.		1,4
Lythrum salicaria ‘Robert’ - Fackelblomster	60-80 cm	6-8	Rosa	30 cm	Jämnt fördelat om 4-6.	Kan sprida sig snabbt.	1,4,5
Iris virginica var. shrevei - Flaggiris	60-80 cm	5-7	Ljusblå	40 cm	Jämnt fördelat, om 2-3		1
Aster novae-angliae ‘Barr’s violette’ - Luktaster	90-120 cm	8-10	Lila	40 cm	Jämnt fördelat om 3-5.		1,2,3

LÖKAR

ARTNAMN	HÖJD	BLOMN.	FÄRG	PLACERING	ANMÄRKNING	KÄLLA
Crocus tommasinianus ‘Barr’s purple’ - Snökrokus	5-10 cm	2-3	Blålila	Sprids jämt fördelat.		5
Crocus tommasinianus ‘Albus’ - Snökrokus	5-10 cm	2-3	Vit	Sprids jämt fördelat.		5
Allium cernuum - Prärielök	40-60 cm	6-8	Ljusrosa	Sprids jämt fördelat.		1

- 1) Dunnet & Clayden, 2007.
- 2) Prince George’s County, 2007.
- 3) Hunt & White, 2001.
- 4) Referensexempel Öringevägen, Tyresö.
- 5) Referensexempel Monbijougatan, Malmö.
- 6) Referensexempel Green streets, Portland.
- 7) Patrik Bellan (maillkontakt).

ett träd vardera. Rödlönnen är väl lämpat för denna situation i regnbäddarna, då det är ett hårdigt träd som tål såväl torka som temporära översvämningar, och klarar av både sol och halvsugga. Det har även ett förhållandevis grunt rotsystem för sin storlek vilket lämpar sig för en plantering med sluten botten. (Prince George’s County, 2007, s. 111). Sorten ‘Scanlon’ är mindre och smalkronigare än den rena arten, och passar därför väl in i det begränsade utrymmet. Träden bör planteras i en förhållandevis stor kvalité, exempelvis högstam, 4x 18-20, för att säkerställa att de har en god chans till etablering samt för att undvika vandaliseringsskador. Vidkornellen planteras för att ge en önskad volym åt planteringen, vilket även förhindrar att folk kliver i bäddarna. De placeras centralt i bäddarna för att undvika att utstickande grenverk ska utgöra säkerhetsrisker. Även om rödlönnen och videokornellen inte är inhemska växter, så påminner de ändå om typiska svenska växter. Enligt Sjöman & Slagstedt (2015, s. 290) finns det inget inhemskt träd som klarar av regnbäddens tuffa ståndortsförhållanden, med den kraftiga variationen av torka och tillfälliga översvämningar. Perennerna sätts i spridda grupper enligt planteringsförslaget. Detta medför en viss variation och ökad dynamik i planteringen. Det medför även att det finns en större möjlighet att täcka upp för de arter som eventuellt inte skulle överleva i bädden. De två mindre gräsen (*Juncus patens* och *Deschampsia cespitosa*) används som ett slags matrix mellan de blommande örterna och solitärerna, och utgör således en majoritet av perennerna i regnbäddarna.



Figur 59. *Allium cernuum*.
Foto: Wikimedia commons.



Figur 60. *Cornus sericea*.
Foto: Wikimedia commons.



Figur 61. *Iris virginica*.
Foto: Wikimedia commons.



Figur 62. *Aster novae-angliae*.
Foto: Wikimedia commons.



Figur 63. *Lythrum salicaria*.
Foto: Wikimedia commons.



Figur 64. *Deschampsia cespitosa*.
Foto: Wikimedia commons.



Figur 65. *Veronica longifolia*.
Foto: Wikimedia commons.



Figur 66. *Acer rubrum*.
Foto: Wikimedia commons.

Sammanfattande konsekvensbeskrivning av gestaltungsförslaget

Regnbäddarna kommer kunna omhänderta uppskattningsvis mellan 80-90 % av årsnederbörden i gestaltungsområdet, beroende på vald höjd på fördröjningszonen (Fridell, Kent, muntligt). Således kommer stora mängder dagvatten kunna renas på plats nära källan för avrinningen, och en påtaglig avbelastning av ledningssystemet kommer att ske.

Eftersom regnbäddarna måste utformas med tät botten och ett avvattnande system, kommer dock det dagvatten som inte evapotranspirerar förr eller senare att föras vidare till dagvattenledningarna.

Gaturummet ges en ny gestaltning vilken bättre återspeglar dess trafikklassning som gångfartsområde. Körbanan smalnas av till minimumstandard och utformas för att främja en låg hastighet. Bilparkering reduceras påtagbart till förmån för gång- och cykeltrafik, samt för att ge utrymme åt regnbäddar, cykelparkering, bänkar och en betydligt bredare trottoar.

Fyra av de åtta befintliga träden på Vasagatan tas bort, men samtidigt bidrar de nya regnbäddarna med ett avsevärt utökat inslag grönska i form av fjorton nya träd, samt buskar, perenner och lökar.

Avslutning

Reflektioner kring förslaget och gestaltningsprocessen

Gestaltningförslaget som presenterats i detta examensarbete visar en tänkbar lösning av utformningen av Vasagatan med regnbäddar som hållbar dagvattenhantering. Det bör därför framhållas att gestaltningen hade kunnat ske på ett annorlunda sett och att alternativa lösningar hade kunnat användas. Även om man skulle bortse från alla de otaliga alternativ som inte bygger på hållbara gröna dagvattenlösningar, så hade ändå andra valmöjligheter varit möjliga.

För att spara utrymme skulle regnbäddarna kunna utformas smalare. Regnbäddarna i referensprojektet från Portland är exempelvis endast 120 cm breda. En sådan lösning skulle dock medföra att fördröjningszonen behövt fördjupas ytterligare för att motsvara en likvärdig fördröjningskapacitet. En större fördröjningszon skulle innebära ett ökat totaldjup på anläggningen, vilket skulle kunna försvåra konstruktion och anpassning till omgivande marknivåer (höjdsättningen). Det skulle även innebära att det krävs ett mer genomsläppligt filtermaterial för att regnbäddarna ska klara av att kunna infiltrera den per yta betydligt större ansamlingsvolymen av dagvatten inom tidsgränsen på 12-48 timmar. Ett ökat djup innebär troligen även att regnbäddarna får ett mer ”lådaktigt” utseende, och att det under delar av året till och med kan bli svårt att se vegetationen ordentligt, vilket då blir en förlust ur ett estetiskt perspektiv.

Istället för att förlägga regnbäddar på båda sidor om Vasagatan skulle ett alternativ kunna vara att koncentrera dem enbart till den ena sidan. En sådan lösning medför troligen att utrymme kan sparas, vilket kan utnyttjas för att exempelvis bredda körbanan. Avvattningen skulle då kunna lösas genom att antingen leda allt dagvatten via tvärfall till den sidan där regnbäddarna placerats, alternativt genom att behålla dagvattenbrunnarna på en sida av gatan. Att lösa avvattningen med tvärfall kräver dock en omfattande modellering av höjdsättningen, vilket sannolikt innebär att de befintliga träden behöver tas bort. Det kan även medföra att problem uppstår vid anslutning till byggnadernas befintliga golvhöjder och annan omkringliggande mark. En av de främsta anledningarna till att jag valde den utformning jag gjorde för gestaltningförslaget var just för att i så hög mån som möjligt undvika att förändra den befintliga höjdsättningen. Dessutom hade de kvarstående regnbäddars volym då behövt fördubblas för att motsvara tidigare fördröjningskapacitet, vilket ändå hade resulterat i utrymmeskonflikter med andra intressen.

Ytterligare ett alternativ som jag anser är värt att belysa är möjligheten att istället använda gatuträd i skelettjordsbäddar, i kombination med genomsläppliga markmaterial, för att åstadkomma en hållbar och grön dagvattenhantering i gestaltningförslaget av Vasagatan. Detta skulle kunna ske antingen genom att byta ut samtliga eller delar av regnbäddarna i gestaltningförslaget. En fördel med detta är att det troligen sparar utrymme ovan mark. En potentiell nackdel är dock att denna lösning medför att dagvatten infiltreras ned i den underliggande terrassen, vilket som tidigare nämnts inte alltid är så fördelaktigt

vad gäller spridningen av föroreningar samt närheten till känsliga byggnader. Särskilt inte med tanke på gestaltningsområdets förutsättningar vad gäller den ogenomsläppliga marken och de höga grundvattennivåerna. Denna lösning medför inte heller den dynamiska blandplantering av såväl träd som buskar och perenner, vilket regnbäddarna tillför, och således skulle viktiga estetiska och ekologiska mervärden då utebli.

Hade jag haft tillgång till detaljerad höjdmätning av gestaltningsområdet är det möjligt att förslaget hade kommit att utvecklats annorlunda. Som jag nämnt tidigare så bygger dock min gestaltning till stor del på att utnyttja den befintliga höjdsättningen maximalt, vilket troligen innebär att skillnaderna i utformningen inte blivit nämnvärt annorlunda ur det perspektivet. Min gestaltningsprocess har till stor del präglats av en kontinuerlig diskussion med Kristianstads kommun, och mitt förslag har således påverkats av deras önskemål. Det är svårt att säga huruvida utformningen hade kommit att bli annorlunda om jag inte haft med den aspekten med i min process. Detta eftersom det enligt min mening varit en grundförutsättning och en självklarhet att kommunens önskemål och synpunkter skulle få inflytande över gestaltningen. Detta har också varit något jag välkomnat och sett positivt på under gestaltningsprocessen. Ett exempel på en möjlig skillnad är att jag personligen gärna hade sett att färre parkeringsplatser förlagts längst Vasagatan, eftersom jag anser att långsgående parkering på båda sidor om gatan inte passar så väl in i utformningen av ett gångfartsområde. Samtidigt anser jag dock att kommunens målsättning att få till ett så stort antal parkeringsplatser som möjligt på Vasagatan är viktig att beakta, eftersom det trots allt finns ett stort behov av bilparkering i staden.

Avslutande diskussion

Allt mer förtätade och hårdgjorda städer i kombination med ett förändrat klimat, som troligen kommer medföra större nederbörds mängder och fler intensiva regn, ställer ökade krav på en väl utvecklad och fungerande dagvattenhantering i framtidens stadsbyggnad. (Boverket, 2007, ss. 36-37; CIRIA, 2015, 5-10, 37-38; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 34-35; Svenskt vatten, 2016, ss. 21-27). Att enbart förlita sig på att använda konventionella ledningsmetoder i framtidens dagvattenhantering kommer troligen innebära att omfattande uppgraderingar och renoveringar av ledningsnätet krävs, vilket kommer att medföra enorma kostnader (Svenskt vatten, 2016, ss. 21-27). Dagvatten innehåller ofta även stora mängder föroreningar, vilka riskerar att spridas vidare till naturliga recipienter vid överbelastning av ledningar vid kraftig nederbörd (CIRIA, 2015, ss. 51-55, Lönngren, 2001, s. 13; Svenskt vatten, 2016, ss. 21-27). Det kan i många fall vara en långsiktigt kostnadseffektiv strategi att istället övergå till hållbar dagvattenhantering, med ett ökat inslag av gröna dagvattenlösningar som strävar efter att återskapa en naturlig vattencykel där olika ekosystemtjänster utnyttjas, och som på plats nära källan kan fördröja och rena dagvattnet (CIRIA, 2015, ss. 5-10, 21-23; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 32-38, Stahre, 2004, ss. 9-10; Svenskt vatten, 2016, ss. 21-27).

Regnbäddar är ett slags biofilter-anläggning som utnyttjar jordens, vegetationens och mikroorganismers naturliga förmågor att på plats nära källan till avrinningen kunna omhänderta, fördröja och rena dagvatten. (CIRIA, 2015, ss. 333-335, 345; Dunnett & Clayden, 2007, 139-141; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 1-12, Vinnova 2014, ss. 33-35). En stor fördel med att använda regnbäddar som hållbar dagvattenlösning är att de är flexibla till sin utformning, och således kan anpassas vad gäller storlek, konstruktion och form för att passa in i kontexten (CIRIA, 2015, ss. 333-335; Dunnett & Clayden, ss. 139-141; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Vinnova, 2014a, ss. 33-35). Regnbäddar är därför väl lämpade att användas i städernas trånga gatumiljöer för fördröjning och rening av dagvatten nära källan, vilket är något som efterfrågats av Kristianstads kommun som en viktig del i stadens framtida hållbara dagvattenhantering (Kristianstads kommun, 2010, ss. 2-5).

Utöver att medverka till en mer hållbar dagvattenhantering kan regnbäddar även bidra med flera andra viktiga ekosystemtjänster som skapar sociala och ekologiska mervärden (CIRIA, 2015, ss. 67-68; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 15-17). Som såväl referensstudien och gestaltningförslaget för Vasagatan visar, kan regnbäddar, utöver att bidra med hållbar dagvattenhantering, även användas och utformas för att bidra med viktiga estetiska och funktionella mervärden i gestaltningen av gaturummet. Studier från Portland i USA, där regnbäddar är ett vanligt inslag i stadens gaturum, har visat att de utgör ett uppskattat och estetiskt värdefullt inslag för stadens invånare (Church, 2015, ss. 229-239). Regnbäddar kan således ses som en bra möjlighet till att förena estetiskt värdefull grönska med funktionellt viktiga aspekter, vilket är något som beskrivs som ett särskilt viktigt mål för Kristianstads framtida gröstruktur (Kristianstads kommun, 2012, ss. 1-8). Eftersom regnbäddar är dynamiska planteringar som kan gestaltas med såväl träd, buskar, perenner och lökar, bidrar de till ett ökat införande och en större variation av växter i städerna. Detta är något som sannolikt främjar den biologiska mångfalden, och på så vis har regnbäddar ett viktigt ekologisk värde (Dunnett & Clayden, ss. 15-17). Genom införande av vegetation bidrar regnbäddar även med ytterligare ekosystemtjänster som temperaturreglering och luftpartikelreduktion (Boverket, 2007, ss. 27-37; CIRIA, 2015, 67-68). Huruvida den vegetation som regnbäddar bidrar med har stor påverkan eller inte på exempelvis biologisk mångfald, temperaturreglering eller luftrening är svårt att bedöma ytterligare inom ramarna för detta examensarbete. Det är dock viktigt att poängtera att även om de ekosystemtjänster som varje enskild regnbädd ger upphov till i sig är förhållandevis ringa, så skulle den kumulativa effekten av fler gröna element i stadsbyggandet troligtvis kunna vara mycket betydelsefullt (Wolf, 2010, ss. 45-51). Då regnbäddar dessutom medför uppskattade gröna inslag som beskuggande träd, volymskapande buskage och blommande perenner och lökar kan de även bidra till ekosystemtjänster som främjar sociala mervärden. Även småskalig och stadsmässig grönska har visat sig öka människors välmående genom att ge stressreduktion och stimulering till ökad fysisk aktivitet och rekreation. (CIRIA, 2015, ss. 67-68; Wolf, 2010, ss. 45-51).

Det finns även argument för att regnbäddar kan medföra ett viktigt pedagogisk värde då det synliggör vattnets kretslopp och således medvetandegör dagvattenhanteingens problematik och möjligheter för stadens invånare. (Church, 2015, ss. 229-239; CIRIA, 2015, ss. 77-78).

En förutsättning för regnbäddar är att det finns tillräckligt mycket utrymme, såväl ovan som under marken. Då urbana gatumiljöer ofta är trånga kan detta således vara ett potentiellt problem. Regnbäddar har förvisso en stor fördel i jämförelse med andra mer utrymmeskrävande lösningar som exempelvis dammar och kanaler, genom att de kan utformas mer flexibelt och således kan göras småskaliga och anpassas efter för att passa in i trånga urbana kontexter (CIRIA, 2015, ss. 164-165). Det är dock stor skillnad på att utforma regnbäddar i en befintlig kontra i en nybyggd kontext. I befintliga gatumiljöer finns exempelvis aspekter som underjordiska ledningar, parkeringsplatser och garageutfarter att ta hänsyn till. (Ashley et al, 2011, ss. 1-8; Church, 2015, 229-239; CIRIA, 2015, ss. 164-165). I referensstudien var det dock svårt att bedöma om någon sådan problematik varit rådande vid dessa projekt. I mitt eget gestaltungsförslag för Vasagatan blev denna utrymmesproblematik dock uppenbar, och det påverkade även utformningen påtagligt. För att få rum med de föreslagna regnbäddarna behövde exempelvis körbanans utrymme reduceras, med en tänkbar konsekvens att tillgängligheten för större fordon begränsas. En annan effekt av gestaltungsförslaget som uppstod till följd av regnbäddarnas utrymmeskrav var att antalet parkeringsplatser oundvikligen behövde reduceras med över 30 %. Samtidigt medförde denna begränsning av biltrafiken att Vasagatans utformning bättre kunde anpassas efter dess trafikklassning som gångfartsgata, vilket var ett önskemål från kommunens sida (Degerman, Siv, muntligt). Att regnbäddar tar just parkeringsplatser i anspråk bör kanske även bedömas utifrån ett större miljöperspektiv. Att det däremot finns försvårande omständigheter vid implementering av regnbäddar i befintliga gatumiljöer, på grund av utrymmeskrav, framgår dock tämligen tydligt i såväl litteraturstudien som i mitt eget gestaltungsförslag. För att bemöta detta problem krävs således en hel del kreativitet och flexibilitet från landskapsarkitektens sida, för att anpassa såväl regnbäddarnas som gaturummets övriga utformning för att uppnå en lyckad samlösning. Det är dock troligt att denna problematik inte alltid går att komma runt, vilket då medför att regnbäddar troligen inte är ett lämpligt alternativ i de gatumiljöer där det är ont om utrymme ovan och under mark. I utformning av gatumiljöer är det dock vanligt att använda sig av exempelvis förskjutningslackar, buffertzoner, rondeller och andra sorters trafikreglerande lösningar. Det är även vanligt att gestalta gatumiljöer med träd- och buskplanteringar. Dessa objekt, som det uppenbarligen finns utrymme för, skulle i många fall troligen gå att omvandla till ett slags multifunktionell lösning där de även kan användas som regnbäddar och bidra till en mer hållbar dagvattenhantering. Detta skulle i så fall innebära att en mängd olika funktionella och estetiska lösningar skulle kunna integreras, och således skulle utrymme och kostnader troligen kunna reduceras.

Vid utformning av regnbäddar krävs det att stor hänsyn tas till platsspecifika förhållanden. I tätbebyggda områden i närheten av känslig infrastruktur bör regnbäddar utformas med ett avvattnande system samt med tät botten. Detta är även rekommenderat i fall där dagvattnet innehåller större koncentrationer av föroreningar, vilka annars riskerar att föras vidare till grundvattnet. Detsamma gäller för områden där marken har en låg hydraulisk konduktivitet eller där grundvattennivåerna är höga. (CIRIA, 2015, ss. 340-341; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Philadelphia Water Departement et al., 2014, s. 66-68). Utformningen av regnbäddar med tät botten och avvattnande system medför dock att den andel av dagvattnet som inte evapotranspirerar, förr eller senare måste ledas vidare via det konventionella ledningssystemet. Således kan man ifrågasätta dess effekt för dagvattenhanteringen ur det hänseendet. Samtidigt kan regnbäddar trots detta fylla flera viktiga funktioner i och med att de trots allt bistår med en substantiell rening av dagvattnet, samt att de bidrar med att fördröja dagvatten, vilket avbelastar de hårt ansträngda ledningarna i kritiska situationer vid kraftig nederbörd. Dessutom är det värt att poängtera att regnbäddar, även om de bräddar vatten vid kraftig nederbörd, ändå hinner omhänderta de första flödena, vilka är de som innehåller högst koncentrationer av föroreningar (Lönngren, 2001, s. 12). De föreslagna regnbäddarna i gestaltungsförslaget för Vasagatan bedöms som exempel kunna bidra med att omhänderta mellan 80-90 % av all nederbörd under ett genomsnittligt år (Kent Fridell, muntligt), och således medverkar de till att avlasta stadens dagvattensystem. Att enbart använda konventionella lösningar för att bemöta framtida dagvattenproblematik bedöms dessutom inte vara ekonomiskt långsiktigt hållbart (Svenskt vatten, 2016, ss. 21-27).

En regnbädd är en plantering som kräver kontinuerlig skötsel för att fungera optimalt (CIRIA, 2015, 355-357; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, s. 54). Enligt vissa uppskattningar kräver regnbäddar till och med upp till dubbelt så mycket skötsel som en motsvarande konventionell plantering (CIRIA, 2015, ss. 355-357). Således finns det en tänkbar risk med att använda regnbäddar utifall att skötselresurserna uteblir, eftersom att även dagvattenhanteringen på sikt då skulle kunna bli lidande. En nedsatt skötsel kommer troligen även att förta de estetiska och ekologiska mervärden som en regnbädd medför. Det ska dock påpekas att även konventionell dagvattenhantering kräver omfattande drift (Svenskt vatten, 2016, ss. 21-27). Det framkommer även i litteraturstudien att regnbäddar i vissa undersökningar visat sig vara mindre skötselintensiva och mer kostnadseffektiva än konventionella dagvattenbrunnar, ledningar och reningsverk (Dunnett & Clayden, ss. 13-14, 139-141; Vinnova, 2014a, ss. 33-35). En viss problematik som dock är tänkbar är att driften av regnbäddar, till skillnad från konventionell dagvattenhantering, kräver såväl skötsel av själva anläggningen som av vegetationen. Således skulle införandet av regnbäddar eventuellt kunna medföra att driften för VA-enheten reduceras, medan den ökar för Park-enheten. Det är även troligt att det skulle krävas ett väl organiserat samarbete mellan de olika förvaltningarna för att få till en väl fungerande drift av regnbäddarna. (Stahre, 2004, ss. 74-78). Ett problem som blev tämligen

uppenbart i referensstudien är att regnbäddar tillsynes lätt bli en ansamlingsplats för skräp. Om skräps tillåts ansamlas är det inte bara ett estetiskt problem, utan det kan även medföra stopp i inlopp och bräddningsavlopp (CIRIA, 2015, 355-357; Fridell & Jergmo, 2015, ss. 4-12; Hunt & White, 2001, ss. 1-11; Vinnova, 2014a, s. 54). På grund av regnbäddens nedsänkta utformning är detta sannolikt ett inneboende problem som är svårt att förebygga, vilket istället kräver en högre skötselintensitet. Samtidigt skulle faktumet att skräpet just ansamlas i regnbäddarna även kunna medföra att det faktiskt blir lättare för skötselpersonalen att ta hand om det. Trots allt kommer inte regnbäddarnas vara eller icke-vara att påverka mängden skräp folk slänger i det offentliga rummet. Däremot krävs det, som tidigare nämnt, att skräpet tas om hand snabbt så att det inte medför problem.

Vad som även blev uppenbart av referensstudien är att regnbäddar, likt de flesta planteringar, ger ett tämligen trist intryck under vinterhalvåret. Detta framgick som tydligast i exemplet från Tyresö, då den anläggningen enbart var planterad med perenner, medan regnbäddarna i Malmö även var planterade med vedartat växtmaterial. De föreslagna regnbäddarna på Vasagatan är av den anledningen gestaltade med särskild hänsyn till att ge värden även under höst och vinter. Huruvida det skulle vara ett problem att använda regnbäddar i offentliga gatumiljöer då de ser trista ut under vintern anser jag dock inte går att svara på inom ramen för detta examensarbete.

Något som är viktigt att ta i beaktning är att regnbäddar är ett förhållandevis nytt koncept. Förvisso är det framför allt i USA ett förhållandevis utforskat ämne, men i Sverige är det än så länge tämligen outforskat. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 1-12). Problemet med att det saknas mer omfattande forskning gör att det kan vara svårt att bedöma de långsiktiga resultaten och konsekvenserna av att använda regnbäddar i svenska gatumiljöer. Tänkbara problem som lyftes upp i litteraturen gällde bland annat riskerna med att föroreningar förvaras i offentlig miljö (Chocat et al., 2007, ss. 273-278). Det framkommer också i litteraturen att det översta 10-15 cm i regnbäddarnas filtermaterial kan behöva bytas ut efter 5-30 år beroende på mängderna föroreningar som ansamlas (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 1-12). Detta är naturligtvis en viktig aspekt i fall detta medför att även växtmaterialet behöver ersättas vid renoveringen. Det vedartade växtmaterialet, vilket är det mest värdefulla ur ett tidsperspektiv, borde dock klara av en sådan renovering. En annan aspekt som är av hög relevans för användning av regnbäddar i Sverige, är hur väl dessa fungerar i ett kallt vinterklimat. I litteraturen framgick det att hittills har regnbäddar generellt inte visat nämnvärda problem i kallt klimat, men det betonades tydligt att mer forskning behövde göras för att säkerställa detta. (Fridell & Jergmo, 2015, ss. 1-12; Muthanna et al., 2007, ss. 1640-1649; Vinnova, 2014a, ss. 8-9).

Det finns många argument för att främja användandet av regnbäddar som ett multifunktionellt grön-blått inslag i städernas gatumiljöer. En lösning som genererar såväl funktionella ekosystemtjänster som hållbar dagvattenhantering, och samtidigt ger upphov till ekologiska och sociala mervärden för invånarna.

Regnbäddar kan även ur ekonomiskt perspektiv vara ett mer långsiktigt hållbart alternativ än de konventionella lösningarna, som idag utgör den absoluta majoriteten av dagvattenhanteringen (Svenskt vatten, 2016, ss. 21-27). Utifrån de tidigare nämnda aspekterna vad gäller utrymmeskrav, infiltrationsmöjligheter, anläggningskostnader och drift kan man dock ur ett större perspektiv diskutera om vikten av att använda regnbäddar i tät innerstad verkligen är befogad i relation till de vinster det medför. Särskilt eftersom det generellt är dyrare och mer komplicerat att anlägga regnbäddar i hårdgjorda miljöer än på grönytor (CIRIA, 2015, ss. 333-336). Det bör dock tas i beaktning att det är just särskilt i hårdgjorda miljöer som dagvattenflödena är som mest intensiva och kraftiga (CIRIA, 2015, ss. 37-38; Dunnett & Clayden, 2007, ss. 35-36), och således är det troligen i dessa miljöer regnbäddarna gör som störst nytta. De många mervärden som regnbäddar kan bidra med i stadsmiljön bör även vägas in i en sådan diskussion, då ett ökat inslag av gröna element inte bara för med sig ekologiska värden, utan även viktiga sociala värden för stadens invånare. (CIRIA, 2015, ss. 67-68; Wolf, 2010, ss. 45-51).

En stor fördel med att anlägga regnbäddar just på Vasagatan, så som mitt gestaltungsförslag förordar, är att huvudledningarna under gatan ändå ska bytas ut inom snar tid. Detta gör således att det finns en större rimlighet i att samtidigt passa på att göra en så pass stor och kostsam investering som det med största säkerhet kommer att krävas. Hade så inte varit fallet är det enligt min mening tveksamt om det varit varken ekonomiskt eller miljömässigt motiverat att implementera regnbäddar i en befintlig gatumiljö i tätbebyggd innerstad. (Ashley et al, 2011, ss. 1-8; CIRIA, 2015, ss. 164-165).

Det finns ett stort framtida behov av att utveckla en mer multifunktionell grönstruktur i våra allt mer tätbebyggda städer. (CIRIA, 2015, s. 70). Att enbart se till stadens grönska som ett estetiskt designelement är enligt min mening inte långsiktigt hållbart med tanke på det utrymme det kräver och de stora summor driften av det trots allt genererar. Speciellt inte med tanke på de goda förutsättningar som trots allt finns när det gäller att kombinera funktion med design, så som med exempelvis regnbäddar. Att sammanföra rekreativa och estetiskt tilltalande gröna element med välbehövliga funktionella lösningar kan även rättfärdiga de höga kostnaderna som skötseln av städernas grönstruktur kräver av skattebetalarna. Landskapsarkitektens argument för att föra in mer vegetation i städerna kan på så vis stärkas, vilket i sin tur kan generera i att mer gröna miljöer och anläggningar kan anläggas, och således skapas än mer av de mervärden som de ger upphov till (Dunnett & Clayden, ss. 95-97).

Avstämning mot frågeställningen

I det följande kapitlet presenteras och redogörs för i vilken mån föreskrifterna i arbetsplanen och de formulerade frågeställningarna för examensarbetet har uppnåtts.

Hur kan regnbäddar användas som en del av en hållbar dagvattenlösning, samt bidra till en attraktiv gatumiljö, vid omgestaltningen av Vasagatan i Kristianstad?

Se Gestaltungsförslaget för Vasagatan (sidorna 24-36) samt kapitlet Reflektioner kring gestaltungsprocessen (sidan 37).

Vilka argument finns för att motivera användandet av regnbäddar som hållbara dagvattenlösningar i städernas gatumiljöer, och vilka ytterligare mervärden kan de tillföra – med fokus på sociala och ekologiska perspektiv?

Regnbäddar är mycket flexibla anläggningar, som till skillnad från flertalet andra hållbara dagvattenlösningar, kan utformas och anpassas för att kunna implementeras även i trånga gatumiljöer. Regnbäddar kan framgångsrikt användas i gatumiljöer för att fördröja och rena dagvatten, vilket ger en avbelastning av dagvattenledningar och reningsverk. Forskning har även visat på att regnbäddar kan vara ett kostnadseffektivt alternativ till konventionell dagvattenhantering i såväl nybyggda som befintliga områden. Regnbäddar bidrar även till att föra in mer dynamisk och varierad grönska i städerna vilket ger upphov till såväl ekologiska mervärden, som främjande av biologisk mångfald, samt sociala mervärden som estetiska, rekreativa och pedagogiska värden.

Vilka nackdelar finns det med att använda regnbäddar – utifrån ovan nämnda aspekter?

Även om regnbäddar är flexibla till sin utformning så kräver de trots allt en del utrymme, såväl ovan som under marken. I gatumiljöer finns det därför risker att regnbäddar hamnar i konflikter med andra utrymmeskrävande objekt i gaturummet som exempelvis körbana, parkeringsplatser och möbleman. Detta gör att de kan vara svåra att implementera i befintliga områden. Att anlägga regnbäddar medför påtagliga initiala investeringskostnader, och de kräver även en tämligen omfattande drift. Det finns även en viss problematik med nedskräpning och skador på anläggningarna. Regnbäddar är förhållandevis obeprövade i Sverige, och det behövs därför mer forskning om hur de fungerar i ett nordiskt vinterklimat.

Slutsatser

Regnbäddar är ett mycket intressant nytt koncept i arbetet med att utveckla en mer hållbar dagvattenhantering. De kan antingen användas som ersättning av eller som ett avbelastande komplement till den konventionella dagvattenhanteringen. Den stora styrkan hos regnbäddar är att de är flexibla till sin utformning och således kan anpassas för att kunna implementeras även i trånga kontexter som urbana gaturum. Regnbäddar kan även utformas och gestaltas för att tillföra ett påtagligt estetiskt värde till gaturummet. De kan planteras med en rik variation av vedartade och perenna växter, vilket dessutom kan medföra gynnande av biologisk mångfald, såväl som främjande av sociala

värden för stadens invånare. För Kristianstad, som uttrycker en målsättning om att skapa en mer multifunktionell grönstruktur som är både funktionell och estetiskt tilltalande, är regnbäddar således en väl lämpad lösning. Allt detta sammantaget gör att regnbäddar kan vara mycket passande att använda i omgestaltningen av Vasagatan i Kristianstad.

Som med all form av hållbar dagvattenhantering medföljer dock en del nackdelar med regnbäddar. De kräver trots sin förhållandevis ringa storlek och flexibilitet ändå att det finns tillräckligt med utrymme, såväl ovan som under mark. Detta kan vara ett problem i trånga gaturum, vilket även visade sig i gestaltungsförslaget för Vasagatan där betydande hänsyn behövde tas till exempelvis garageinfarter, underliggande ledningar, körbanebredd, trottoarutrymme och parkeringsplatser. Konstruktionen av regnbäddar styrs till hög grad utav önskemålen för omhändertagandet av dagvattnet, men även utifrån platsbundna tekniska förutsättningar. I vissa situationer behöver regnbäddar konstrueras med ett avvattande system och med tät botten. Detta medför att infiltration inte kan ske, utan att dagvattnet efter fördröjning och rening har skett behöver transporteras vidare till det konventionella dagvattensystemet. Detta gäller främst på jordar med en låg hydraulisk konduktivitet, samt då regnbäddar förläggs i den direkta närheten av känslig infrastruktur. Så blev också fallet i utformningen av regnbäddarna på Vasagatan. Regnbäddar kräver även en förhållandevis omfattande och kontinuerlig skötsel för att kunna fungera optimalt, inte minst vad gäller bortförsel av skräp och sediment som ansamlas i bäddarna. Det finns dock undersökningar som visar på att regnbäddar trots detta sammantaget ändå kräver mindre skötselresurser än konventionell dagvattenhantering, och således skulle kunna reducera driftkostnaderna. Kostnaderna för anläggandet och driften av regnbäddar bör dock noga utvärderas och ställas i förhållande till de potentiella vinsterna de kan tänkas medföra. I den utvärderingen bör även de ekologiska och sociala vinsterna regnbäddarna ger upphov till tas med. I Sverige är regnbäddar än så länge ganska obeprövade, även om flertalet nya projekt är under utveckling. Det är dock troligt att det behövs mer forskning för att undersöka regnbäddars långsiktiga förmåga i svenska förhållanden med kalla vintrar.

Gestaltungsförslaget för Vasagatan visar på en möjlighet för hur regnbäddar kan användas som en hållbar dagvattenlösning, som samtidigt bidrar till en önskad omvandling som stödjer gatans trafikklassning som gångfartsområde bättre. Regnbäddarna och den ökade mängd och variation av vegetation de medför, bidrar dessutom med stor sannolikhet till ytterligare ekologiska och sociala mervärden för staden. Förslaget medför dock en kraftig reduktion av antalet parkeringsplatser på gatan, samt att de begränsar körbanans bredd till en minimumstandard. Även om ingen kostnadsberäkning har kunnat genomföras inom ramen för detta examensarbete, är det dock sannolikt att kostnaden för regnbäddarna och omgestaltningen av Vasagatan skulle bli omfattande.

Behovet av vidare arbete och forskning

Gestaltningförslaget för Vasagatan visar en möjlig lösning för hur regnbäddar kan användas som en multifunktionell och hållbar grön dagvattenlösning. Som tidigare nämnt finns det sannolikt fler lämpliga lösningar som kan användas istället för eller som komplement till de lösningar jag redovisat inom ramen för detta examensarbete. Som landskapsarkitektstuderande är jag dock medveten om att min kompetens inom VA-tekniska och Trafikrelaterade frågor inte är tillräcklig för att till fullo lösa detta mångfacetterade uppdrag. Således behöver gestaltningförslaget därför även granskas av trafik- och VA-ingenjörer.

Examensarbetet har enligt min mening visat att det finns ett stort framtida behov av vidare forskning om regnbäddar. Inte minst vad gäller utvecklingen och användandet av dessa i svenska förhållanden, där vårt kalla klimat och vinterväghållningen är viktiga aspekter att uppmärksamma.

Mitt examensarbete har undersökt och redogjort för hur regnbäddar kan användas i gestaltningen av urbana gaturum. Andra tänkbara inriktningar som jag tror skulle vara intressanta att utforska för framtida kandidat- eller examenarbeten av studenter på landskapsarkitektprogrammet är bland annat:

Undersöka eventuell problematik och ansvarsfördelning för driften av regnbäddar mellan de olika kommunala förvaltningarna?

Undersöka huruvida det går att utforma ett slags metod för att göra en bedömning av kostnader för anläggning och drift respektive de vinster som regnbäddarna kan generera?

Avslutande ord

Regnbäddar är en spännande lösning som vi troligen kommer att få se mer av i Sverige i framtiden. Väl utformade och i rätt kontext kan de bidra med många viktiga värden, såväl rent funktionella vad gäller en mer hållbar dagvattenhantering, men även med sociala och ekologiska mervärden.

Som landskapsarkitekt tror jag dock att det är ganska lätt att låta sig förföras av estetiskt tilltalande lösningar där de gröna elementen betonas och framhävs. Att dessutom tidsandans lovord för småskaliga ekologiska lösningar ofta genomsyrar dagens stadsbyggnadsdiskurs gör nog inte detta fenomen mindre. Allt som ofta förekommer numera regnbäddar i olika gestaltningförslag, men i en hel del av dessa fall är de troligen varken befogade eller lämpliga att använda i förhållande till kontexten. Vi kommer med stor sannolikhet att få se mer av regnbäddar och andra hållbara gröna dagvattenlösningar i framtiden, och förhoppningsvis kan de även utformas med ett visst kritiskt öga från landskapsarkitekter, så att de verkligen kan bli den långsiktigt hållbara lösning som efterfrågas.

Jag tror att det är viktigt att landskapsarkitekter skaffar sig en god förståelse och kunskap om de tekniska förutsättningarna, vilka i slutändan ändå är de som är de avgörande för projekten, vad gäller såväl regnbäddar som annan hållbar dagvattenhantering. Jag tror även att det är mycket viktigt för landskapsarkitekter att utveckla ett nära samarbete med VA-ingenjörer för att i så hög grad som möjligt kunna dra nytta av varandras kompetenser, och på så vis få ut maximalt av de många värden som hållbar dagvattenhantering och regnbäddar kan ge.

Källförteckning

Litteraturförteckning

Ashley, R., Digman, C., Stovin, V., Balmforth, D., Glerum, J., Shaffer, P. (2011) Retrofitting surface water management measures: Delivering multiple value. 12th International Conference on Urban Drainage. Porto Alegre, Brazil, 10-15 September 2011.
Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/228493342_Retrofitting_surface_water_management_measures_Delivering_multiple_value [2016-05-11]

American Society of Landscape Architects (2006) ASLA 2006 Professional Awards.
Tillgänglig: <https://www.asla.org/awards/2006/06winners/341.html> [2016-05-11]

Bodin, A., Hidemark, J., Stintzing, M., Nyström, S. (2015) Arkitektens handbok 2015. Lund: Studentlitteratur AB.

Bolund, P. & Hunhammar, S. (1999) Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics. Vol. 29, ss. 293-302.
Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800999000130> [2016-05-11]

Boverket (2010) Mångfunktionella ytor - Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönsstruktur. Karlskrona: Boverket.
Tillgänglig: http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf [2016-05-11]

Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Saldanha-Matos, R., Rauch, W., Shilling, W., Urbonas, B. (2007) Toward the sustainable management of urban storm-water. Indoor and Built Environment. Vol. 16, ss. 273-278.
Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/247731797_Toward_the_Sustainable_Management_of_Urban_StormWater [2016-05-11]

Church, S. (2014) Exploring green streets and rain gardens as instances of small scale nature and environmental learning tools. Landscape and Urban Planning. Vol. 134, ss. 229-241.
Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614002539> [2016-05-11]

CIRIA (2015) The SuDS manual. London: CIRIA.
Tillgänglig: http://www.ciria.org/Memberships/The_SuDs_Manual_C753_Chapters.aspx [2016-05-11]

the City of Portland, Oregon (2016a) Green Streets.
Tillgänglig: <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/414873> [2016-05-11]

the City of Portland, Oregon (2016b) SW 12th Avenue Green Street Fact Sheet
Tillgänglig: <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/123776>). [2016-05-11]

Dunnett, N. & Clayden, A. (2007) Rain gardens – Managing water sustainability in the garden and designed landscape. London: Timber press.

Fridell, K. & Jergmo, F. (2015) Regnbäddar – Biofilter för behandling av dagvatten. Movium Fakta. Vol. 2, ss. 1-12.

Hunt, W. & White, N. (2001) Designing rain gardens (Bio-retention areas). Urban waterways. ss. 1-11.
Tillgänglig: <http://www.bae.ncsu.edu/stormwater/pubs.htm> [2016-05-11]

Kristianstads kommun (2016) Grundvattenmätningar.
Tillgänglig: <http://www.kristianstad.se/sv/Kristianstads-kommun/Djur--natur/Vatten/Grundvatten/Grundvattenrad/Grundvattenmatningar/> [2016-05-11]

Kristianstads kommun (2012) Strategier för en grön och blå stad – Masterplan för Kristianstad. Kristianstad: Avd. Kommunteknik.

Kristianstads kommun (2010) Dagvattenpolicy för Kristianstads kommun. Kristianstad: Avd. Kommunteknik.

Kristianstads kommun (2009) Fördjupad översiktsplan för Kristianstad stad. Kristianstad växer – en stad i balans. Kristianstad: Stadsbyggnadskontoret.

Lönnberg, G. (2001) Vatten i dagen – exempel på ekologisk dagvattenhantering. Milano: Svensk byggtjänst AB.

Malmö stad (2016) Teknisk handbok.
Tillgänglig: <http://www.projektering.nu/index.html> [2016-05-11]

Muthanna, T., Viklander, M., Thorolfsson, S. (2007) Seasonal climatic effects on the hydrology of a rain garden. Hydrological Process. Vol. 22, ss. 1640–1649.
Tillgänglig: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.6732/abstract> [2016-05-11]

Nacka kommun (2015) Gatustandard i Nacka stad- att bygga med moduler.

Nationalencyklopedin (2016) Ekosystemtjänster.
Tillgänglig: [http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/ekosystemtjänster](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/ekosystemtjanster) [2016-05-11]

Persson, J., Fridell, K., Gustavsson, E-L., Englund, J-E. (2014) Att räkna på vatten – en formelsamling för landskapsingengör. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (Landskapsarkitektur, Trädgård, Växtproduktionsvetenskap, Rapportserie 2014:17).

Philadelphia Water Department, Streets Philadelphia, Mayor´s office of transportation and utilities (2014) City of Philadelphia Green Streets Design Manual.
Tillgänglig: http://www.phillywatersheds.org/what_were_doing/gsdm [2016-05-11]

Prince George´s County (2007) Bioretention manual. Maryland: Department of Environmental Resources.

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (2015) Träd i urbana landskap. Lund: Studentlitteratur AB.

Stahre, P. (2004) En långsiktigt hållbar dagvattenhantering – planering och exempel. Klippan: Svenskt vatten AB.

Susdrain (o.å.) Derbyshire street pocket park, London borough of Tower hamlets.
Tillgänglig: http://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/derbyshire_street_pocket_park_london_borough_tower_hamlets_1.html [2016-05-11]

Svenskt vatten (2016) Avledning av dag-, drän-, och spillvatten - Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem: Del 1 – Policy och funktionskrav för samhällens avvattning. (Publikation: P110). Stockholm: Svenskt vatten AB.
Tillgänglig: <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Rornat/P110-Avledning-av-spill--dran--och-dagvatten/> [2016-05-11]

Svenskt vatten (2011) Hållbar dag- och dränvattenhantering – Råd vid planering och utförande. (Publikation: P105). Solna: Svenskt vatten AB.

Sweco (2012) Design av Curb extensions i Tyresö.

Trafikverket (2015) Råd för vägars och gators utformning. (Publikation 2015:08). Borlänge: Trafikverket.
Tillgänglig: <http://online4.ineko.se/trafikverket/Product/Detail/48632> [2016-05-11]

Transportstyrelsen (o.å.) Gågata och gångfartsområde.
Tillgänglig: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Trafikregler/Generella-trafikregler/Gagata-och-gangfartsomrade/> [2016-05-11]

Tyresö kommun (2016) Dagvattenlösningar i gatumiljö – DAGLIG.
Tillgänglig: http://www.tyreso.se/Boende_miljo/Vatten-och-avlopp/Dagvatten/DAGvattenLosningar-I-Gatumiljo-DAGLIG/ [2016-05-11]

VA-guiden (o.å.) Vad är dagvatten?
Tillgänglig: <http://dagvattenguiden.se/vad-ar-dagvatten/> [2016-05-11]

Vattenriket (2016) Väder.
Tillgänglig: <http://www.vattenriket.kristianstad.se/vader/vader4.php?artal=2015> [2016-05-11]

Vinnova (2014a) Grågröna systemlösningar för hållbara städer – inventering av dagvattenlösningar för hållbara städer.
Tillgänglig: [http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/Documents/GrGr_WP4_Inventering%20av%20dagvattenlösningar%20för%20urbana%20miljöer%20ink%20bilagor.pdf](http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/Documents/GrGr_WP4_Inventering%20av%20dagvattenlosningar%20for%20urbana%20miljor%20ink%20bilagor.pdf) [2016-05-11]

Vinnova (2014b) Grågröna systemlösningar för hållbara städer - modellering av vattenflöden och föroreningsbelastning för grågröna dagvattenlösningar. Tillgänglig: <http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/wp4/Sidor/default.aspx> [2016-05-11]

Vägverket (2004) Vägar och gators utformning (VGU): Sektion tätort – gaturum. (Publikation: 2004:80). Borlänge: Vägverket.*
Tillgänglig: http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument_vag_och_gatuutformning/Vagar_och_gators_utformning/Sektion_tatort-gaturum/sektion_tatort_gaturum.pdf [2016-05-11]
*2010 omvandlades Vägverket till Trafikverket.

Wallin, F. (2002) Ekologisk potential och upplevd miljö kvalitet: Egenskaper i ett urval svenska bostadskvarter med inriktning på solenergipotential, dagvattenhantering, vardagslivets resmönster samt upplevd kvalitet i den lokala boendemiljön. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala: Repro.
Tillgänglig: <http://pub.epsilon.slu.se/231/> [2016-05-11]

Wolf, K. (2010) Urban Ecosystem Services: Metro Nature and Human Well-Being. I: D.N. Laband (red) Linking science and society: Proceedings of emerging issues along urban/rural interfaces III. Atlanta: Georgia Institute of Technology, ss. 45-51.
Tillgänglig: http://www.naturewithin.info/CivicEco/InterfacesIII%20Prdngs_HHWP%20Urban%20Eco%20Services.Dec2010.pdf [2016-05-11]

Muntliga källor

Bellan, Patrik. Konsult inom rådgivning och inventering av vedartad vegetation för bl.a. Movium, Stångby plantskola och trädkonsult.nu. Mailkontakt, 2016-03-28.

Degerman, Siv. Landskapsarkitekt och enhetschef på Park och stadsmiljö & Mårtensson, Lennart. Projektledare på VA-förvaltningen, Kristianstads kommun. Muntligt samtal, 2016-02-10.

Degerman, Siv. Landskapsarkitekt och enhetschef på Park och stadsmiljö på Kristianstads kommun Telefon- och mailkontakt.

Fridell, Kent. Mark- och VA-ingenjör på Tengboms, och lärare på SLU Alnarp. Muntliga samtal.

Fridell, Kent. Mark- och VA-ingenjör på Tengboms, och lärare på SLU Alnarp. Föreläsning Biofiltersystem, 2016-02-11.

Sjölin, Karin. Landskapsarkitekt på Gatukontoret Malmö stad. Telefonkontakt, 2016-03-23.

Svensson, Magnus. Landskapsarkitekt på Gatukontoret Malmö stad. Muntligt samtal, 2016-03-08.

Övriga källor

Sveriges geologiska undersökning (2004) Jordartskarta [Kartografiskt material].

Figurförteckning

Samtliga figurer, dvs. fotografier, illustrationer och annat grafisk material, som inte förekommer i figurförteckningen nedan är skapade av och tillhör Wille Helmbold med fullständiga rättigheter.

Figur 8. Center for neighborhood technology, *Oak Park Residence Corp Rain Garden - Site 1*, (CC BY-SA 2.0). flickr.
Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/centerforneighborhoodtechnology/4011947668/> [2016-05-11]

Figur 9. Philadelphia water department, *Stormwater Bump-Out on Queen Lane2*, (CC BY 2.0). flickr.
Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/philadelphiawater/9087960476> [2016-05-11]

Figur 10. Dylan Passmore, *10160 (Dylan Passmore)*, (CC BY-NC 2.0). flickr.
Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/dylanpassmore/7559847716/in/photostream/> [2016-05-11]

Figur 33, 34, 35, 50. © City of Portland, courtesy Bureau of Environmental Services.
Tillstånd har givits mig att använda bilderna till detta arbete.
Tillgänglig: <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/414873> [2016-05-11]

Figur 11, 12, 13, 14, 15. Tengbomgruppen.
Tillstånd har givits att mig använda bilderna till detta arbete.

Figur 17, 18, 36, 37, 38, 39. Susdrain.
Tillstånd har givits mig att använda bilderna till detta arbete.
Tillgänglig: http://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/derbyshire_street_pocket_park_london_borough_tower_hamlets_1.html [2016-05-11]

Figur 21, 22. Karin Sjölin.
Tillstånd har givits att mig använda bilderna till detta arbete.

Figur 31. Tyresö kommun.
Tillstånd har givits att mig använda bilderna till detta arbete.

Figur 40. Lantmäteriet, *Ortofoto över Kristianstad*.
Tillgängligt: <https://atlas.slu.se/get/> [2016-05-11]

Figur 59. ghislain118, *Allium cernuum 1.jpg*, (CC BY-SA 3.0). Wikimedia commons.
Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/Allium_cernuum#/media/File:Allium_cernuum_1.jpg [2016-05-11]

Figur 60. Matt Lavin, *Cornus sericea (5257603697).jpg*, (CC-BY-SA-2.0). Wikimedia commons.
Tillgänglig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cornus_sericea_\(5257603697\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cornus_sericea_(5257603697).jpg) [2016-05-11]

Figur 61. C. T. Johansson, *IMG 7911-Iris virginica.jpg*, (CC BY 3.0). Wikimedia commons.
Tillänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IMG_7911-Iris_virginica.jpg [2016-05-11]

Figur 62. Panterka, *AsterNewEng5244aw.jpg*, (CC BY-SA 3.0). Wikimedia commons.
Tillgänglig: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AsterNewEng5244aw.jpg> [2016-05-11]

Figur 63. Bjoertvedt, *Lythrum salicaria 050720085868kattehale.jpg*, (CC BY-SA 3.0). Wikimedia commons.
Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lythrum_salicaria_050720085868kattehale.jpg [2016-05-11]

Figur 64. Rasbak, *Ruwe smele plant Deschampsia cespitosa.jpg*, (CC BY-SA 3.0). Wikimedia commons.
Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruwe_smele_plant_Deschampsia_cespitosa.jpg [2016-05-11]

Figur 65. Sten Porse, *Pseudolysimachion-longifolium-spikes.JPG*, (CC BY-SA 3.0). Wikimedia commons.
Tillgänglig: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pseudolysimachion-longifolium-spikes.JPG> [2016-05-11]

Figur 66. Simone Roda, *Canadian maple.jpg*, (CC BY 2.0). Wikimedia commons.
Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Canadian_maple.jpg [2016-05-11]